



Sortimentsinriktad avverkning

Christer Ranvald

Arbetsrapport 8 1996

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-16 58 25 Fax: 090-14 19 15

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR--8--SE



Sortimentsinriktad avverkning

Christer Ranvald

Arbetsrapport 8 1996

Examensarbete i skogsuppskattning och skogsindelning

Handledare: Tomas Thuresson, SLU
Sven Lindroth, SCA Skog
Kristian Olofson, SCA Skog

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-16 58 25 Fax: 090-14 19 15

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR--8--SE

Förord

Föreliggande studie har utförts på uppdrag av Virke Syd och Strömsunds Skogsförvaltning inom SCA Skog AB. Arbetet ingår som ett 20-poängs examensarbete i min jägmästarexamen och har genomförts vid institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå.

Ämnesområdet drivning och virkeslogistik är mycket omfattande och är en av huvuduppgifterna inom skogsbruket. Detta arbete kan i bästa fall bidra med några små fragment till utvecklingsarbetet som ständigt pågår ute i skogarna, kojorna och på kontoren. Några nya idéer presenteras och några gamla dammas av för ytterligare granskning i detta arbete med förhoppning om att det kan bidra till utvecklingen.

Eftersom arbetet har bedömts som känsligt har vissa delar hemligstämplats för att inte spridas utanför SCA. Dessa delar är markerade i innehållsförteckningen.

Under arbetets gång har jag fått ovärderlig hjälp av en mängd tjänstemän inom SCA som ställt upp på ett förtjänstfullt och entusiastiskt sätt. Utan Er hjälp hade detta inte gått att genomföra.

Jag har också haft stor hjälp av Sören Ahlander på Cap Programator i Sundsvall som bidragit med rådata ur SCA:s drivningsplaneringsrutin. Sören har även delat med sig av sina kunskaper kring drivningsplaneringsrutinens uppbyggnad vilket har varit betydelsefullt för arbetet.

Sören Holm på SLU har bidragit med ovärderlig hjälp inom ämnesområdena statistik och matematik. Sören har även bidragit med en stor portion visdom när det gäller planering och taxering av skogliga nyttigheter.

Sist men inte minst vill jag framföra ett stort tack till mina handledare; Sven Lindroth, Strömsunds skogsförvaltning, Kristian Olofson, Virke Syd och Tomas Thuresson, institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Ni har på ett entusiastiskt sätt visat intresse för problemområdena ur olika synvinklar och bidragit med värdefullt stöd i detta arbete.

Till ovan nämnda personer vill jag rikta ett stort tack.

Östersund i februari 1996

Christer Ranvald

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SUMMARY	iii
---------------	-----

1 INLEDNING.....	1
------------------	---

1.1 BAKGRUND	1 D
1.1.1 Kundanpassning och kapitalrationalisering.....	1
1.1.2 Konsekvenser för förvaltningarna	2
1.1.3 Konsekvenser för virkesförsörjningen	3
1.1.4 Vad kan man göra?.....	3
1.2 FÖRETAGSBESKRIVNING.....	4
1.2.1 SCA Forest and Timber.....	4
1.2.2 Virke Syd.....	5 D
1.2.3 Strömsunds skogsförvaltning.....	7 D
1.3 LITTERATURSTUDIE	9
1.3.1 Allmänt om planering inom skogsbruket.....	9
1.3.2 Drivningsplanering	12
1.3.3 Informationsteknik för planering och uppföljning.....	13
1.3.4 Ekonomisk optimering	14
1.3.5 Operationell drivningsplanering.....	16
1.4 SAMMANFATTANDE PROBLEMFÖRMULERING	18
1.5 SYFTE	18
1.6 AVGRÄNSNINGAR.....	18

2 MATERIAL OCH METODER.....	19
-----------------------------	----

2.1 MATERIAL	19
2.1.1 Taxeringsmaterialet	19
2.1.2 Drivningsliggaren.....	19
2.1.3 Leveransmål virke.....	20
2.1.4 Priser och kostnader.....	20
2.1.5 Prestationer	21
2.1.6 Premieförlust.....	21
2.2 METODER.....	22
2.2.1 Linjärprogrammeringsmodell	22
2.2.2 Målfunktionen	22
2.2.3 Funktioner för volym- och utbytesberäkning	25
2.2.4 Prisberäkning	26
2.2.5 Flyttkostnader	28
2.2.6 Premieförlustfunktion	28
2.2.7 Prestationsfunktioner.....	29
2.2.8 Simulering av utfall från skördare	30
2.2.9 Prognoser över utfall med hjälp av skördardata.....	31
2.3 DATOR OCH PROGRAMMILJÖ.....	33

3 RESULTAT.....	35
-----------------	----

3.1 UTBYTES- OCH PRISBERÄKNINGEN.....	35 D
3.2 BESLUTSSTÖDET.....	35
3.2.1 Styrningsmöjligheter i beslutsstödet.....	37
3.2.2 Resultat av optimering och tolkning av dem	37
3.3 PROGNOSE AV SKÖRDARUTFALL.....	39
3.3.1 Återföring av skördarutfall - omplanering.....	40
3.4 RESULTAT AV KÖRNING MED MODELLEN.....	41
3.4.1 Omplanering med hjälp av prognoser.....	41
3.4.2 Omplanering med varierande kapacitetsutnyttjande.....	42
3.4.3 Omplanering med tvingande traktval	43
3.4.4 Månadens slutresultat	44

4 DISKUSSION OCH SLUTSATSER	47
4.1 LITTERATURSTUDIE	47
4.2 DRIVNINGSPLANERING	49
4.2.1 Virkesflöde.....	49
4.2.2 Felkällor	50
4.2.3 Flödesstyrning från virkesavdelningarna	51
4.2.4 Industrikrav kontra skogens möjligheter	54
4.2.5 Leveransvirket	56 D
4.3 UTBYTES- OCH PRISBERÄKNING	57
4.3.1 Felkällor	57
4.3.2 Apteringsförluster för förvaltningen.....	57 D
4.4 BESLUTSSTÖDET	58
4.4.1 Virkesflödet	58
4.4.2 Resursallokering	59
4.4.3 Systematiska fel och dess konsekvenser för beslutsstödet	59
4.5 UPPFÖLJNING MED HJÄLP AV SKÖRDARDATA	61
4.5.1 Felkällor vid prognoser	61
4.6 METOD OCH KÄLLKRITIK	63
4.7 SLUTSATSER OCH REKOMENDATIONER.....	H
5 REFERENSER.....	64

BILAGOR

BILAGA 1	Karta över skogsförvaltningar, arbetsområden och industrier inom SCA	
BILAGA 2	Förteckning över uttagna variabler i stamdata och traktdata från DP-rutinen	
BILAGA 3	Rapporter ur drivningsliggaren	
BILAGA 4	Timmerpriser	
BILAGA 5	Resultat från utbytes- och prisberäkningsrutinen	H
BILAGA 6	Simplexmatrisen	
BILAGA 7	Prisfunktionerna	
BILAGA 8	Förklaring av resultatfigurerna	

H: Hela kapitlet hemligstämplat.

D: Delar av kapitlet hemligstämplat.

Summary

Forest enterprises have always searched for ways to improve efficiency. For the past few years there has been an emphasis on stock-keeping levels. Increased demand for fresh round timber and the need to decrease the amount of tied-up capital has made the forest industry reduce its inventory levels. This has brought on a higher demand on the timber supply from the forest management districts concerning both delivery in time and assortment output. As a result, the flow of timber has fluctuated a lot with serious consequence for the timber supply during 1994. One reason was unexpected weather conditions which lead to transportation stops.

This MSc thesis deals with the planning of logging operations and the problems that are involved in that process for SCA Forest and Timber. This study was initiated by the wood procurement and transportation department, Virke syd, and Strömsund's forest management district within SCA. The purpose is to formulate a flexible and optimizing model for decision-support in short-term planning and follow-up of logging operations. The decision-support involves linear programming in order to minimize the cost of cross-cutting losses, delivery bonus-losses and moving the logging machines from on logging unit to another. The aim is to increase the adaptability between timber request and logging result on assortment level. A second objective is to make a survey of factors that influence the possibility for forest management districts to achieve a continuous timber yield in time and assortment output.

The validity of the model in this paper is limited to the planning techniques and philosophy used within SCA and their short-term planning routine. The linear programming model involves:

- a planning horizon of one to two months
- optimization of logging unit selection regarding machine resources in the ranger district
- five assortments; pine and spruce timber, pulpwood of softwood, fresh cut spruce and hardwood
- four cross-cutting alternatives; minimal top-diameter of timber; 12, 14, 16, 18 cm.

A result from an optimization gives a logging unit selection that minimizes the costs, earlier mentioned, for periods extending from a couple of days up to two months. The main thesis is that decision concerning resource allocation is to be taken "just in time". The advantage with this procedure is that the decision maker has the latest information regarding the actual wood flow and can make more accurate decisions.

To improve management and the linear programming model a continuously increasing delivery bonus system has been constructed to allow the forest management districts to equalize their logging operation costs with the bonus. To refine the decision basis, harvester measurement of timber volume has been used in the decision-support system, to make simple yield forecast for logging units.

Results from the decision-support system run on material from Strömsund's forest management district have involved a large amount of moving logging resources between logging units. This is mainly due to a relatively large difference between pulp wood and

timber prices. Using the current timber and pulp wood prices the marginal cost for cross-cutting adjustments usually exceeded the cost for shifting a logging unit. This is also related to the size of the logging unit, whereas larger logging units have a low shifting cost per cubic meter.

Major conclusions:

- Output estimations used within SCA short-term planning routines suffer from bias and random errors. The most serious are the area estimation and the assortment output functions. This makes it difficult to maintain a continuous timber yield in time and assortment output in shorter periods.
- The decision support model that this study focuses on can be used on a practical basis but there is a substantial risk for suboptimization if the planning period is shorter than a month and/or the wood flow demands are set too high.
- The use of "intelligent" computer based planning routines such as the model constructed in this study could improve decision-making if the decision-maker fully understood the fundamentals in economic optimization and the use of computers. The key is to use common sense with computer-based planning.
- The use of harvest measurement, instead of wood measurement at mills, would improve both planning and follow-up with more accurate, daily based logging unit related measures. This would refine the decision basis for the planner and make it possible to do yield forecasting.
- Increase the logging team's influence and co-operation especially in areas concerning wood flow planning and follow-up. This would not only give interesting tasks for the logging team's, it could also give faster more pliable solutions in the area of interest.
- Search for unconventional solutions in keeping a good wood flow; for example allocate more than one logging team to a logging unit, move logging resources to logging units that give a more appropriate wood flow, change cutting form, etc.

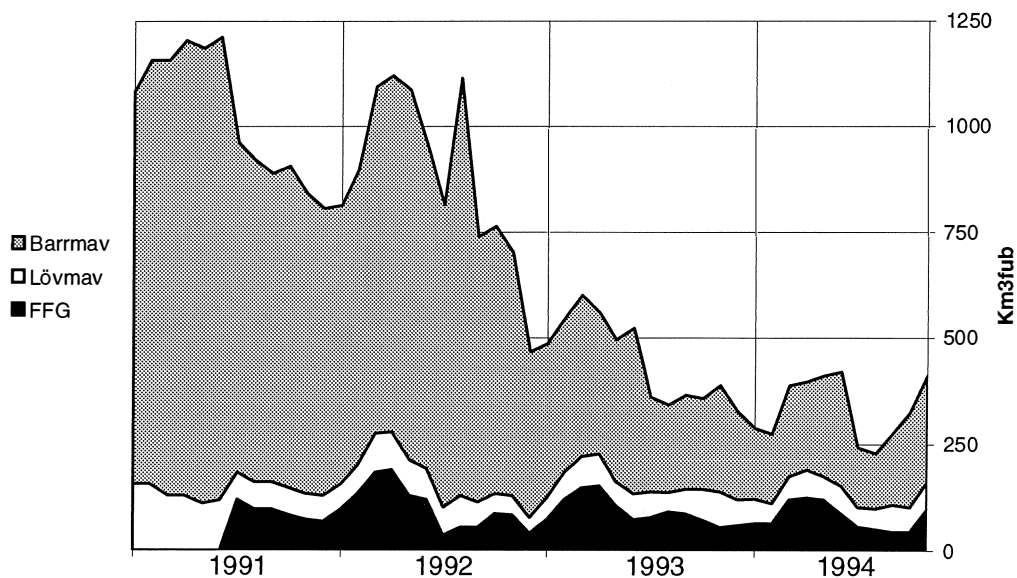
1 Inledning

1.1 Bakgrund

1.1.1 Kundanpassning och kapitalrationalisering

Lågkonjunktur innebär normalt att verksamheterna genomgår större översyn än normalt för att finna sätt att effektivisera och rationalisera. Mekaniseringen av avverkningen har varit en sådan översyn. Detta har inneburit kraftigt sänkta avverkningskostnader under de senaste två decennierna. Organisationerna har decentraliserats genom att enheter slagits ihop och personalstyrkan har minskat med ökade befogenheter och ansvarsområden för den kvarvarande personalen.

SCA Skog undersöker nu flera vägar att rationalisera och effektivisera. Ett område som varit under "luppen" de senaste åren har varit virkeslogistikområdet där virkeslagernivåerna kraftigt sänkts sedan 1991 (se Figur 1.1). Genom att sänka lagernivåerna har man dels frigjort bundet kapital och sänkt räntekostnaderna för lagerhållningen, dels mött de allt hårdare krav på virkets fräschhet, tillredning och sortering som ställs från skogsindustrin. Som exempel på det sistnämnda kan nämnas att Östrands massabruk sänkte andelen lagringsrötad ved från 27 % 91/92 till 0% 1994¹ som en positiv "bieffekt" av sänkta lagernivåer. Virkeslagernivån uttryckt i m³fub har sänkts med ca 70 % under de senaste 3 åren vilket medfört att genomsnittlig vedråvarulager för SCA Skog som helhet har sjunkit från c a 12 veckor 1991 till 4 veckor 1994.



Figur 1.1. Utvecklingen av SCA:s totala vedråvarulager av massavedssortiment under perioden 1991 till 1994. Källa: SCA Skog Virke Syd 1994.

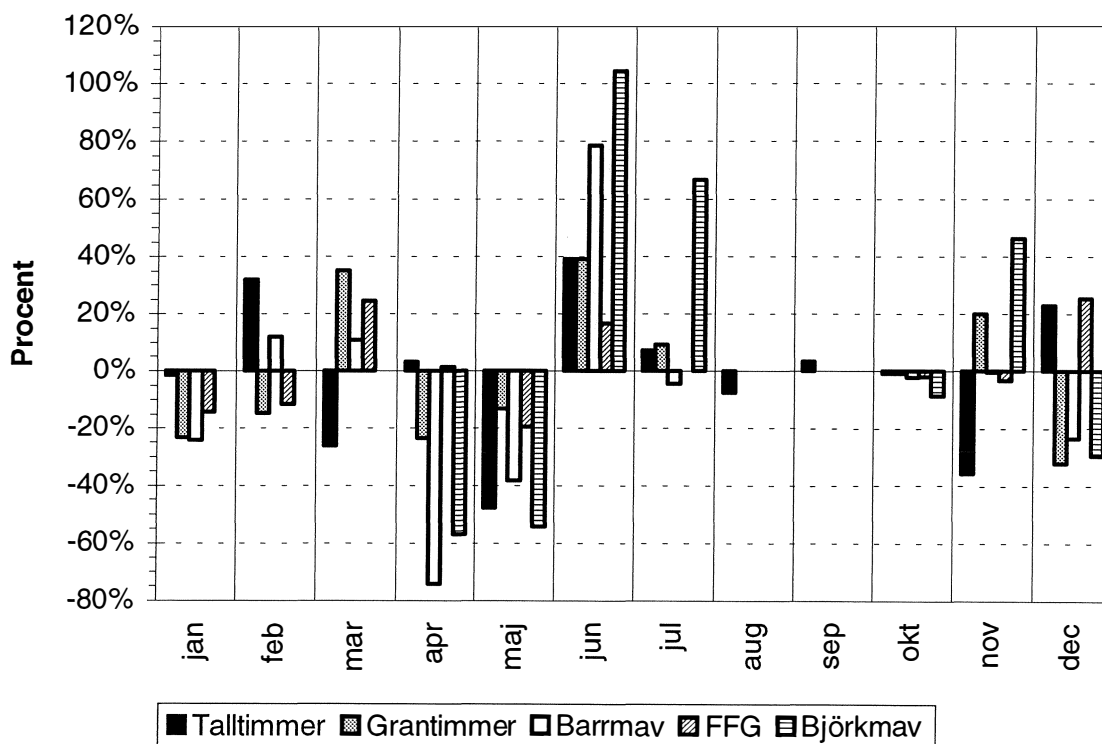
¹ Olofson, K. Virke Syd, 1994. Pers. meddelande.

De ökade råvarukraven är en följd av bl a ökade miljökrav på massaindustrierna. Klorblekning har minskat och ersatts med mindre miljöbelastande blekningsmetoder vilket samtidigt med strävan att förbättra kvaliteten på produkterna medfört högre krav på färskhet och mindre röta i veden (Karlsson, 1993). Även timmer är känsligt för lagring under vår- och sommarmånaderna, främst p g a risk för biologiska skador och sprickbildning vilket kan leda till förluster i virkesvärde. För timmer kommer även en allt högre grad av kundanpassad produktion i sågverken att ställa högre krav på virkesflödenas precision samt virkets kvalitet och aptering.

Sammantaget har det inneburit en successiv övergång från lagring vid industri och terminal till lagring på rot inom SCA.

1.1.2 Konsekvenser för förvaltningarna

Den ovan nämnda utvecklingen har ställt allt högre krav på förvaltningarnas leveranssäkerhet i tid och sortimentsutfall. Den buffert som tidigare fanns i form av 12 veckors lager förenklade planeringen eftersom det gav den flexibilitet som krävdes för att hinna bygga upp nya lager efter störningar i virkesanskaffningen. Dagens situation med fyra veckors lager har medfört att systemet har blivit avsevärt "hetare" med större konsekvenser för virkesförsörjningen vid olika störningsmoment. Bland störningsmoment kan exempelvis väderlek, förfallsperioder, felkällor i taxeringsmaterialet och utbytesberäkningarna nämnas. Detta har resulterat i ett tidvis ojämnt virkesflöde vilket Figur 1.2. åskådliggör.



Figur 1.2. Differens mellan utfall - beställning per sortiment och månad på en förvaltning under 1994 . Källa: SVING-utfall SCA Skog, 1995.

Fluktuationerna i virkesflödet har medfört att förvaltningarna ibland fått tillgripa drastiska åtgärder för att möta virkesbeställningarna. Avverkningstrakter har plockats direkt ur beståndsregistret utan föregående drivningsplanering för avverkning till men för skogs- och naturvårdsplaneringen. Traktbyten har skett med kort varsel, diametergräns för timmer har ändrats schablonmässigt m m². I skenet av dylika åtgärder kan lagernivå ambitionen ha kostsamma och inte minst arbetssamma konsekvenser för förvaltningarna, arbetsområdena och arbetslagen.

1.1.3 Konsekvenser för virkesförsörjningen

Fluktuationerna i virkesflödena tillsammans med de sänkta virkeslagernivåerna har fått allvarliga konsekvenser för virkesförsörjningen under bl a hösten 1994. Låga lagernivåer tillsammans med en oväntad förfallsperiod ledde till akut brist på FFG-massaved vid Ortviken³. Under 1994 blev ett flertal svenska skogsindustrier stående utan ved, ibland upp till en vecka. Problemet för virkesenheter är att de inte vet tillräckligt lång tid i förväg när de kan förvänta sig att virkesflödet sviktar och därmed kompensera detta med exempelvis import.

1.1.4 Vad kan man göra?

Dagens och framtidens krav på färskhet, kvalitet, leveranssäkerhet och korta ledtider kommer bl a att kräva flexiblere avverknings- och planeringssystem. Detta för att undvika kostsamma brandkårsutryckningar och erhålla ett jämnare flöde av virke från stubbe till industri. Det krävs flexibilitet av förvaltningarna – maskinlagen att:

- kunna möta förändrade leveranskrav från industrin
- löpande kompensera för de brister taxeringsrutinerna och utbytesberäkningarna har
- anpassa apteringen av virket till sågverkens och kundernas krav
- kunna bedriva ett ändamålsenligt och ekonomiskt effektivt avverkningsarbete.

Genom att bättre utnyttja informationsteknikens möjligheter med trådlös kommunikation, optimerande datarutiner för planering och realtidsuppdatering av utfall redan vid skördaren kan man öka beslutshastigheten i planerings- och uppföljningsarbetet. Det behövs m a o inslag av intelligens i planeringssystemen (Wigren, 1994) vilket skulle möjliggöra en snabb framtagning av olika handlingsalternativ. Dessa handlingsalternativ kan sedan bedömas med hjälp av en god portion sunt förnuft och lokalkännedom och resultera i åtgärder för att bibehålla ett jämnt virkesflöde av efterfrågade sortiment.

En förutsättning för ovanstående är ekonomistyrning, d v s efterfrågade produkter betalas med ett högre (intern)pris vilket medger incitament för producenterna (förvaltningar, maskinlag) att uppfylla efterfrågan.

² Lindroth, S. 1994. Pers. meddelande.

³ Olofson, K. Virke Syd, 1994. Pers. meddelande.

1.2 Företagsbeskrivning

Denna studie grundar sig främst på förhållandena vid Strömsunds skogsförvaltning och Virke Syd men som allmän orientering ges en övergripande information om SCA.

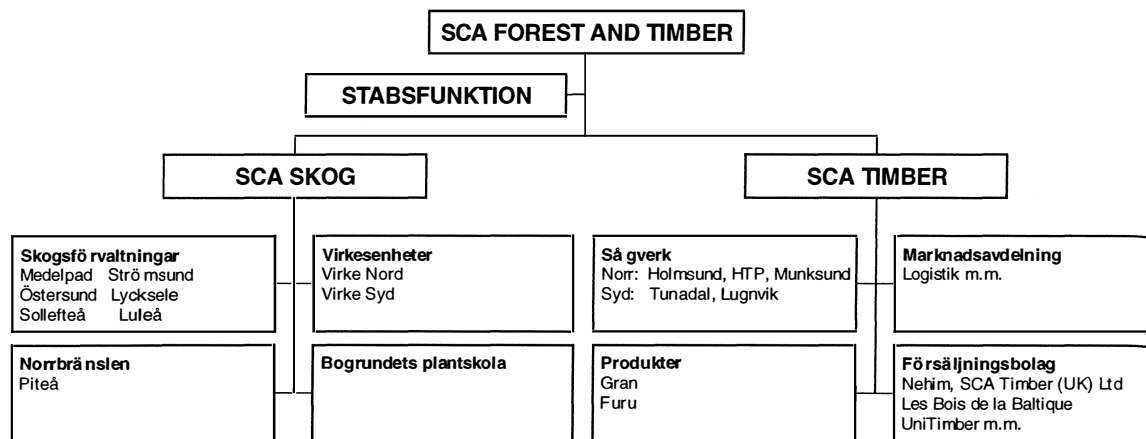
1.2.1 SCA Forest and Timber⁴

SCA Forest and Timber är en affärsgrupp inom Svenska Cellulosa Aktiebolaget (SCA) och ett holdingbolag för SCA Skog och SCA Timber. De övriga affärsgrupperna är SCA Mölnlycke, SCA Packaging, och SCA Graphic Paper. SCA Forest and Timber omsatte 3,8 miljarder kr under 1994 och hade 1200 anställda varav 650 i SCA Skog samt 550 i SCA Timber. Rörelseresultatet var 870 miljoner kr.

SCA Skog förvaltar 2,3 miljoner hektar mark i Norrland, varav 1,8 miljoner är produktiv skogsmark och försörjer SCA:s svenska industrier med virke. Självförsörjningsgraden är 65 % vilket är högt jämfört med andra likvärdiga skogsbolag. De övergripande målen för SCA Skog är att:

- långsiktigt försörja SCA:s svenska industrier med virke
- långsiktigt förvalta och utveckla SCA:s skogsinnehav
- upprätthålla en tillfredsställande lönsamhet.

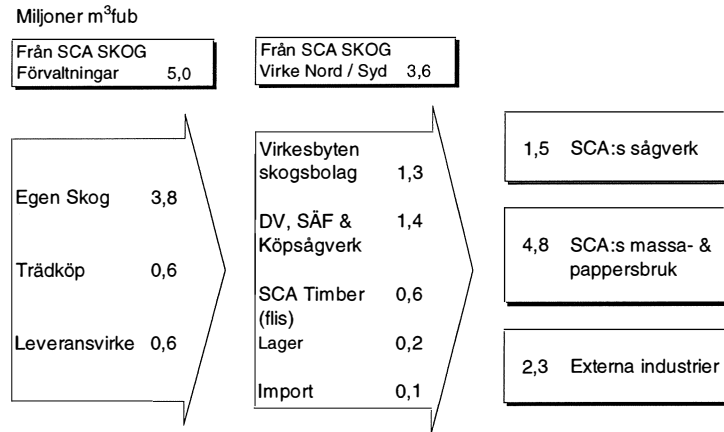
SCA Skog är uppdelat i tio resultatområden, se Figur 1.3, varav sex är skogsförvaltningar, två virkesenheter, en träbränsleenhet samt en plantskola.



Figur 1.3. Organisationsschema för SCA Forest and Timber gällande förhållandena den 1 januari 1995.

SCA Skog omsätter stora virkesvolymen via förvaltningarna och virkesenheterna. Virkesflöden inom SCA framgår av Figur 1.4 nedan.

⁴ Källa: SCA:s årsredovisning 1993 samt SCA Forest and Timber, facts and figures 1993.



Figur 1.4. Virkesflöde inom SCA Forest and Timber 1994. Källa: SCA Skog Virke Syd 1995.

SCA Timber är koncernens sågverksrörelse med fyra sågverk utmed Norrlandskusten; Tunadal i Sundsvallsområdet som sågar furu och gran, Lugnvik i Kramforstrakten som sågar gran, Holmsund utanför Umeå samt Munksund utanför Piteå som båda sågar furu. Produktionen var sammantaget ca 650 000 m³sv under 1994 och omsättningen drygt 1 miljard kr. SCA Timber är till 100 % självförsörjt med timmer från egen skog och har för närvarande inte kapacitet att såga allt timmer från den egna skogen själv. Den geografiska utbredningen av förvaltningar samt de egna industrierna framgår av bilaga 1.

1.2.2 Virke Syd

Virke Syd (V.S.) är ett resultatområde under SCA Skog, se Figur 1.3, vars huvuduppgifter består i att anskaffa och transportera virke på bästa möjliga sätt till SCA:s industrier i Sundsvalls- och Lugnviksområdet. Detta återspeglas i resultatenhetens mål, vilka är att:

- försörja SCA:s svenska skogsindustrier med beställd volym virkesråvara av rätt sortiment och kvalitet, levererad vid rätt tillfälle
- uppnå tillfredsställande lönsamhet och kapitalbindning genom god marknadskännet, lönsamma virkesaffärer, kostnadseffektiva transporter och optimering av virkeslager
- upprätthålla hög kompetens i virkes- och transportfrågor och inom stabsuppgifter rörande virkesmarknad och virkestransporter stödjande ledning och linjeorganisation.

Medelpads, Sollefteå, Strömsunds och Östersunds skogsförvaltningar stod för huvudparten av virkesleveranserna till Virke Syd med 3,7 miljoner m³fub under 1994. Bland övriga leverantörer märks andra skogsbolag såsom AssiDomän, Graningeverken, Norrskog, MoDo, Korsnäs samt Skogssällskapet, Härnösands stiftsnämnd och köpsågverk. Till detta tillkommer import av barrmassaved från främst Tyskland samt lövmassaved från Baltikum och Ryssland⁵.

Bland köparna finns förutom den egna industrin ett 20-tal köpsågverk samt MoDo, AssiDomän, Graningeverken, Norske Skog och Persson Invest. Den egna industrin är dominerande köpare med ca 70 % av volymerna.

⁵ Olofson, K. 1995. Pers. meddelande.

Organisation och arbetssätt⁶

V.S. är organiserat med en resultatområdeschef, en administrativ avdelning och en transportavdelning. Resultatområdeschefen sköter all upphandling, försäljning samt byte av virke inom V.S:s område. Det rör sig om ett 20-tal företag med vilka direkta affärsförhandlingar genomförs. Virkeshandeln sker som direkta köp av virke från förvaltningar eller externa leverantörer eller som virkesbyte med skogsbolag. Det sistnämnda är relativt omfattande främst beroende på den ömsesidiga minimeringen av logistikkostnader. Leveransvirkesköp från privata skogsägare administreras ej av V.S. utan det sköts via skogsförvaltningarna. Huvuddelen av det externt försålda virket är i form av timmer till köpsågverk. Från dessa leveranser köper man tillbaka flis som råvara till den egna massa- och pappersindustrin.

För planering av virkesflöde använder Virke Syd ett omfattande planeringssystem som kallas VIS (Virkes Informations System) omfattande fem delsystem; DP, SVING-plan, SVING-utfall, SVID och SPIS. Av dem används dock inte DP (DrivningsPlanering) av Virke Syd eftersom det är en drivningsplanläggningsrutin för förvaltningar och arbetsområden.

VIS är ett stordatorbaserat system som alla kontor från arbetsområde och uppåt är anslutna till. SVID (SCA:s Virkes Databank) är en databank där alla uppgifter från inmätning (VIOL) och uppgifter som sänds in via Mobitex från skotare och lastbilar lagras. SPIS (Skogens Produktions Inrapporterings System) är det datasystem där data från Mobitex-nätet samlas in och fördelas ut till övriga system. SVING-plan är ett system för planering av förvaltningarnas och arbetsområdenas virkesleveranser mot industrins virkesbeställning. Slutligen SVING-utfall som är ett system för daglig uppföljning över volymer på avlägg (skotarrapport), terminal, industri eller är under transport.

Virke Syd lägger utifrån industrins och de externa köparnas behov samt lagerutvecklingen beställningar på de olika leverantörerna. Vad den egna skogen klarar av att leverera bestäms grovt av vad SCA:s avverkningsberäkning (AVB93) ger för riktlinjer om volymer per sortiment, gallringsandel, m m. SCA Forest and Timbers ledningsgrupp anger hur hög avverkningsnivån ska vara i den egna skogen (ES). Virke Syd och förvaltningarna för sedan en diskussion över hur mycket som ska levereras från de andra ursprungen⁷ (TK, LÖ, PS). Därefter kan en preliminär beställning utformas för förvaltningarna. Dessa beställningar registreras i SVING-plan för att senare utmynna i kvartals- respektive månadsbeställning. Utöver detta kompenseras variationer i virkesförsörjning med virkesinköp, virkesbyten, flisinköp och massavedsimport.

För att styra leveranserna från förvaltningarna används ett premiesystem för planuppfyllelse. Syftet med detta är att skapa incitament till exaktare leveranser och kompensation för de eventuella extrakostnader som detta medför. Premien är för närvarande 10 kr/m³fub om förvaltningen lyckas leverera inom ± 5 % av beställd kvantitet per sortiment och kvartal. Vid de fall ett sortiment hamnar utanför gränserna utgår ingen premie för det sortimentet. Utöver detta får förvaltningarna alltid en fast

⁶ Olofson, K. Östblom, B. mfl. Virke Syd, 1994. Pers. meddelande.

⁷ ES är egen skog; TK är trädköp vilket i sin tur kan vara av formen rotpost, leveransrotköp eller avverkningsuppdrag; LÖ är leveransvirke samt slutligen PS som är avverkning i egen skog för pensionsstiftelsen.

premie. Bägge premierna härrör från de provisioner Virke Syd erhåller från köparna av virket.

Transportavdelningen består av en transportchef och två biträdande transportchefer. Huvuduppgifter är att planera och leda transporter på väg och järnväg på effektivaste sätt. På varje förvaltning finns en transportledare som direkt styr transportarbetet för förvaltningen, förutom för Medelpad förvaltning som, p g a närheten till industrierna, har två transportledare. För transportarbetet förfogar V.S över ca 100 lastbilsekipage ägda av entreprenörer och två järnvägssystem med fem virkesterminaler. Andelen järnvägstransporter är för närvarande ca 40 % av det totala transportarbetet uttryckt i ton-km och varierar främst beroende på kostnaderna för lastbils- och järnvägstransporter samt omlastning. Andelen justeras löpande med hjälp av ett transportoptimeringsprogram som tar hänsyn till ovan nämnda kostnader.

1.2.3 Strömsunds skogsförvaltning⁸

Strömsunds förvaltning är uppdelad i tre arbetsområden (AO), Ströms, Hoting och Krokoms och är beläget i nordvästra Jämtland (se karta bilaga 1). Arbetsområdena, som är de operativa delarna av förvaltningen, består av en chef med huvudansvar för arbetsområdets planering, budgetering och virkesköp samt 3-4 arbetsledare. Förvaltningen består av 320 000 ha produktiv skogsmark.

Virkesleveranserna från Strömsunds förvaltning är fördelat på Virke Syd - 97 %, Norrbränslen - 2,5 % samt resterande på externa köpare av specialvirke. De kvantiteter som Virke Syd köper levereras till den egna industrin, Camforest-gruppen, Graningeverken, Norske Skog, MoDo och något ytterligare sågverk i trakten.

Av avverkningsgrupperna som är 22 totalt är en maskin SCA ägd, 18 är AT- / borgensmaskiner och 33 är entreprenörsägda maskiner. Av denna maskinkapacitet är c a 15-20 % av reserv karaktär som anlitas vid behov.

Det virke som går till egen industri körs antingen direkt till industrin i de fall avläggen är öster om den s k direkttransportgränsen eller omlastas i terminalerna i Krokoms eller Hoting för järnvägstransport. Norske Skog köper främst s k FFG-massaved men även sågtimmer som ligger långt västerut d v s nära norska gränsen. Övrigt timmer levereras på enklaste sätt till de lokala sågverken.

Planering - budgetering på Strömsunds förvaltning⁹

Planeringen av virkesflödet på förvaltningen är nära knutet till Virke Syd. På förvaltningarna och arbetsområdena använder man sig av samma planeringssystem (se sid 6) som Virke Syd med tillägg för DP-rutinen som är en datorrutin för operativ drivningsplanering. Med rutinen detaljplaneras årets avverkningar med hänsyn till tillgängliga avverkningstrakter, maskinresurser och virkesbeställningen. I DP-rutinen ingår en databas, den s k drivningsliggaren, som innehåller tre års drivningsmängd av varierande sortimentsinnehåll, trädslagsblandning, tillgänglighet, m m i form av provyteinventerade avverkningstrakter. Ur denna mängd väljs trakter som passar in i den aktuella virkesbeställningen till avverkning.

⁸ Lindroth, S. 1994. Pers. meddelande.

⁹ Book, A. Lindroth, P. Lindroth, S. m fl. 1994. Pers. meddelande.

Planeringen för förvaltningen startar i april med årsbeställning 1 från Virke Syd som anger totala volymer per förvaltning och ursprung (ES, TK, LÖ, PS). Denna beställning utgör ett planeringsunderlag för förvaltningen och arbetsområdena som därmed kan börja planera årets taxeringar för drivningsliggaren. Parallellt med taxeringsarbetet undersöker arbetsområdena, med hänsyn till bedömningar över mängden leveransvirke samt trädköp, om de kan uppfylla de mål förvaltningen ställer på dem.

I september kommer årsbeställning 2 vilket kan ses som en mer preciserad årskvantitet per sortiment. Denna årsbeställning utgör budgeteringsunderlag för förvaltningen och arbetsområdena, varifrån de gör en årsbudget för avverkning fördelat per sortiment, ursprung och månad. Till sin hjälp använder arbetsområdena drivningsplaneringsrutinen (DP) med den taxerade tre-års mängden (drivningsliggaren) och SVING-plan. Förslaget returneras till Virke Syd som i detta läge antingen accepterar eller har synpunkter på det.

Slutligen sker en kvartalsbeställning i december för det första kvartalet som grundar sig på årsbeställning 2 och de eventuella förändringar som kan vara gjorda. Därefter rullar virkesåret på med nya kvartalsbeställningar och smärre justeringar av lagda planer. Generellt kan sägas att SVING plan är grunden i planeringsarbetet mellan industrin – Virke Syd – förvaltningarna och DP rutinen är instrumentet för arbetsområdena i budgeteringsarbetet gentemot leveransplanerna. D v s att hitta de för årstiden avverkningssbara trakterna som medger ett så jämnt och med plan överensstämmande virkesflöde som möjligt med de resurser arbetsområdet har.

Taxering av drivningstrakter

Taxeringarna utgörs av systematisk cirkelyteinventering. Med härledning av tabeller grundade på empiriska studier över medelfel används varierande provyteradie och provyteantal mellan olika trakter. Detta för att få en kostnadseffektiv och god volymsskattning med lågt medelfel. Trakterna består ofta av en sammanslagning av närliggande bestånd (avdelningar) med liknande skog vilket medför en större inomvariation i trakten än bestånden. Antalet cirkelprovytor är därmed förhållandevis högt, normalt mellan 10 och 40 provytor med provyteradie mellan 5 och 10. Urvalet av trakter sker främst genom rangordning av bestånd i beståndsregistret med tillväxtprocent.

Taxeringarna utgör också bortsättningsunderlag för avverkning och i samband med dem planeras även skogsvårdsåtgärder och naturvårdshänsyn.

1.3 Litteraturstudie

1.3.1 Allmänt om planering inom skogsbruket

Planering inom skogsbruket är till sin natur både mycket långsiktig och omfattande i den rumsliga dimensionen (Larsson, 1994). Exempelvis har SCA 2,3 miljoner hektar skogsmark utspritt över halva Sverige. Detta är unikt jämfört med andra näringsgrenar där den långsiktiga planeringen kanske är 10 - 20 år och produktionen ofta geografiskt koncentrerad. En annan egenhet med skogen är att den förutom att vara ett råvarulager samtidigt är en komplicerad produktionsapparat som kan påverkas genom olika åtgärder (Jacobsson, m fl, 1993). För att få en rationellare planering har den komplexa planeringsprocessen indelats efter några olika indelningsgrunder (Ericson & Westerling, 1981):

- hierarkiska nivåer
- tidsnivåer
- slag av åtgärder/aktiviteter.

Den hierarkiska indelningsgrunden är den modernaste och beskrivs i korthet nedan.

Bland de hierarkiska nivåerna urskiljs fyra nivåer: a) normativ - som specificerar de övergripande målsättningarna och viljeinriktning med verksamheten; b) strategisk - ger beslut och ramar för verksamheten över en längre period, resursallokering; c) taktisk - schemaläggning av operationer; d) operativ - omsättning av de högre nivåernas beslut till praktisk drift (Thuresson, 1995). Planeringshorisonten för de olika nivåerna varierar mellan olika företag men är ungefär enligt nedan:

- strategisk – upp till 150 år
- taktisk – 3 - 10 år
- operativ – 1 - 3 år.

Internationellt sett (USA, Kanada, Sydamerika) är planeringsfilosofin liknande med ungefär samma tidshorisonter förutom för taktisk planering som sträcker sig mellan 10 till 30 år (Thuresson, 1995).

Strategisk planering

Strategisk planering är av övergripande karaktär och avser hela skogsinnehav. Den bygger på de mål som utformats i den normativa planeringen. Målen kan tex vara att maximera nuvärdet av skogsproduktionen, maximera värdeavkastningen, maximera virkesavkastningen, maximera virkesproduktionen eller något annat. Strategisk planering avser att ge konkreta ramar och mål för den taktiska och operativa planeringen. Dessa ramar kan omfatta exempelvis:

- avverkningsnivåer totalt
- gallringsandelar
- gödslingsandelar
- mål för nettointäkterna
- inriktning för val av objekt för olika åtgärder.

Taktisk planering

Taktisk planering innebär implementering av den strategiska planen. D v s att precisera och samordna avverknings- och drivningsåtgärder för de enskilda avdelningarna i skogsinnehavet (schemaläggning). Taktisk planläggning avser normalt en tidshorisont mellan 3 och 10 år men varierar mellan olika företag. Hög geografisk upplösning eftersträvas vilket får till följd att datanoggrannheten för de enskilda avdelningarna, av kostnadsskäl är lägre än vid strategisk planering. Normalt grundar sig därför den taktiska planeringen på subjektivt inventerade beståndsdata.

Taktisk planering syftar till att ge underlag för:

- geografisk samordning av drivning och skogsvård under en följd av år
- optimal avvägning mellan koncentrationskrav och biologiska krav
- optimal utbyggnad och utnyttjande av skogsbilvägnätet, koncentrerad av åtgärder
- arbetskrafts- och maskinbehov med hänsyn bl a till teknik- och metodutveckling
- skattning av volymer och värden av utfallande sortiment.

Operativ planering

Operativ planläggning avser omsättning av den strategiska / taktiska planläggningen i praktiskt handlande för perioder upp till tre år. Eftersom den taktiska planeringen har schemalagt åtgärderna i tid och rum krävs mindre geografisk upplösning i data men däremot högre datakvalitet. Vid operativ drivningsplanläggning görs därför ofta en kompletterande taxering som utgör underlag för budget, utbyteskalkyler, prestationsprognoser, m m.

Operativ planering syftar till att ge underlag för:

- lämplig allokering av tillgängliga resurser till trakter med hänsyn till årstid, tillgänglighet, bärighet, sortimentsutfall, m m
- natur- och kulturvårdsåtgärder i samband med avverkning och skogsvård
- budgetering
- val av drivningsmetoder
- val av skogsvårdsmetoder
- virkesanskaffning externt - internt
- planering av transport och lager.

Länkning av nivåerna i den hierarkiska planeringsfilosofin

Beroende på vilken typ av taxering som använts vid den strategiska planeringen kommer länkningen mellan strategisk och taktisk / operativ planering att variera. Vid företagsinventering saknas koppling till avdelningar vilket medför att endast generella prioriteringstal för urval av avdelningar kan användas (Ståhl, m fl, 1993). Exempelvis tillväxtdifferens (TVD), volymtillväxtprocent(Pv) , visarprocent(Pz), gallringsmall etc.

Indelningspaketet använder istället en s k inoptimalförlust som prioriteringstal vilket är möjligt eftersom den strategiska planen är avdelningsknuten (Jacobsson, m fl, 1993). Inoptimalförlust är den nuvärdeförlust som följer av ett icke optimalt handlande på enskild avdelning med hänsyn till den strategiska planen. Avdelningar rangordnas efter minsta inoptimalförlust både vid gallring och slutavverkning. Fördelen är att ramar och

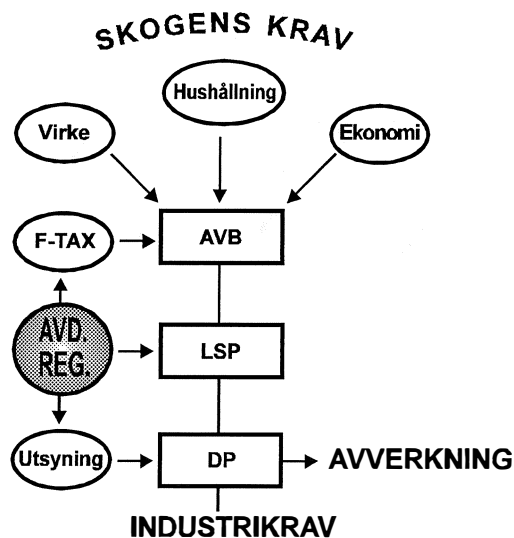
nivåer från den strategiska planeringen kan överföras till den operativa planeringen samt även ge förslag på vilka avdelningar som är optimala för olika åtgärder.

Strategisk planering inom SCA¹⁰

Den strategiska planeringen grundar sig på en avverkningsberäkning (AVB) som har utförts med ungefär sju års mellanrum sedan 1946. Vid de två senaste avverkningsberäkningarna, 83/84 respektive 93, har man använt sig av HUGIN-systemet (Lundström, m fl, 1995). Detta system grundar sig på företagsinventering och är konsekvensberäknande. Målen för den strategiska planeringen är att:

- långsiktigt försörja SCA:s svenska industrier med virke
- långsiktigt förvalta och utveckla SCA:s skogsinnehav
- upprätthålla en tillfredsställande lönsamhet.

Figur 1.5 redovisar i grova drag hur planeringskedjan ser ut inom SCA. Kopplingen mellan den strategiska planering (AVB) och den långsiktig planering (LSP) sker med hjälp av olika prioriteringstal. Tillväxtdifferens(TVD) har varit vanligt förut, numera används nästan uteslutande volymtillväxtprocent(Pv) för beståndsval ur avdelningsregistret. LSP-urvalet motsvarar en tio-årsmängd. Nästa steg i planeringskedjan är drivningsplaneringen (DP) som motsvarar tre årsmängder drivning. Urvalet till DP sker genom manuell "plockning" av bestånd samt i viss mån även med hjälp av prioriteringstal. I samband med urvalet till DP bildas trakter (åtgärdsenheter) som kan bestå av ett flertal bestånd. DP-urvalet taxeras med en objektiv cirkelyteinventering för att bilda underlag för budget, utbytesberäkning och prestationsprognoser.



Figur 1.5. Den strategiska planeringen och kopplingen till drivningsplanering inom SCA. F-TAX står för företagstaxering, AVB för avverkningsberäkning, AVD. REG. för avdelningsregister, LSP för långsiktig planering samt DP för drivningsplanering. Källa: Larsson, M. SCA Skog. 1995.

¹⁰ Larsson, M. 1995. Pers. meddelande.

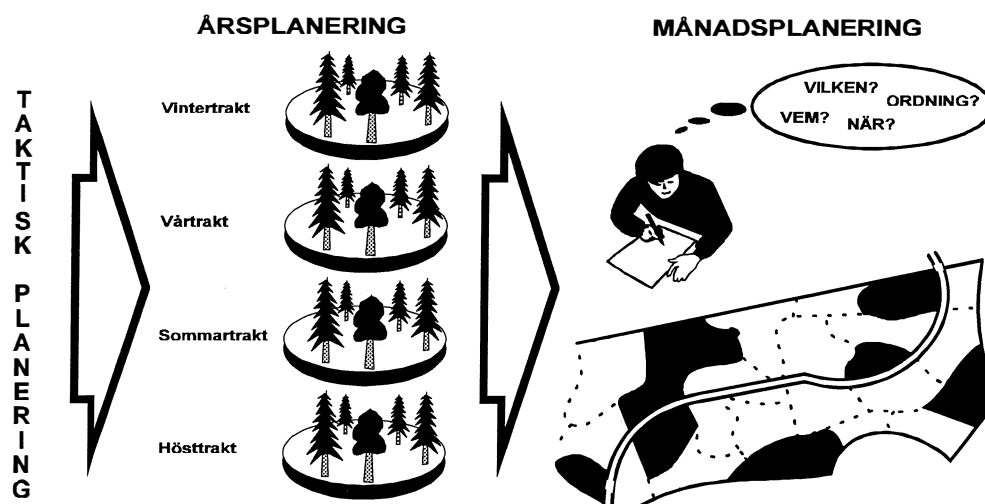
Navet i SCA:s planering är avdelningsregistret eftersom all planering utgår från denna. För att förbättra den pågår en nyindelning av hela skogsinnehavet sedan ett par år tillbaka. Detta ska medföra bättre skattningar av värden i registret och homogenera avdelningar för att underlätta bl a drivningsplaneringen.

1.3.2 Drivningsplanering

Drivningsplanering är den del av den operativa planeringen som specifikt inriktar sig på avverkningsverksamheten. Taktisk planering omfattar ofta drivning och skogsvård tillsammans medan operativ planering mestadels behandlar dem var för sig.

Drivningsplanering skiljer sig mellan olika företag vad avser form och omfattning. Detta har medfört att många definitioner på drivningsplanering finns. En generell definition är att drivningsplanering är schemaläggning av drivning i tid och rum för perioder om ett år ner till enstaka dagar (Ericson & Westerling, 1981).

Drivningsplanering är ofta uppdelad i års- respektive månadsplanering. Huvudsyftena med årsplaneringen är att; välja årstid/period för varje drivningsenhet, välja drivningsmetod för varje drivningsenhet, så att kostnaderna minimeras och intäkterna maximeras samt att virkesbehoven tillfredsställs. Utifrån drivningsplanering på årsbasis kan sedan transportplaner samt månadsplaner för drivning utformas, se Figur 1.6.



Figur 1.6. Kopplingen mellan taktisk, års- och månadsplanering.

Månadsplaneringen är en noggrannare schemaläggning av drivningar för den närmaste tiden. Syftet är att välja turordning mellan drivningsenheterna samt att tilldela resurser för varje drivningsenhet. Normalt sker denna månadsplanering rullande med dag som tidsenhet.

Planeringsprocessen består i huvudsak av nedanstående komponenter:

- insamling av fältdata
- insamling av omvärldsdata
- databearbetning
- planering och beslut
- planbeskrivning.

Datainsamlingen i fält genomförs för att få bättre underlag till prestationsprognoser, bortsättning, utbyteskalkyler, rotpostkalkyler, m m och kan vara i form av objektiv stickprovsinventering eller subjektiv inventering. Detta beroende på vilka kvalitetskrav som ställs på indata samt hur väl åtgärdsenheten stämmer överens med beskrivningsenhet i beståndsregistret. Insamlingen avser träd-, bestånds- och terrängfaktorer. Utöver fältdata insamlas omvärldsdata såsom priser och kostnader för virke, maskinsystem, m m.

Bearbetning av fältdata sker i olika ADB-rutiner, exempelvis DP-rutinen inom SCA respektive SPOV inom Stora, och utmynnar bl a i:

- sortimentsutbyte
- intäkter per sortiment
- prestationer och kostnader för arbetsoperationer
- rotnetto eller täckningsbidrag
- resursåtgång.

Vid planering och beslutsfattande kan manuell eller datorbaserad planering utnyttjas alternativt en kombination av båda. Vanligast i dagsläget är manuell planering som sker med hjälp av databasurval av drivningsenheter efter olika kriterier. På de många kombinationsmöjligheter som finns görs urvalen med hänsyn till planerarens lokalkännedom och erfarenhet. Datorbaserad planering använder sig av någon optimeringsmetod för val av drivningsenheter. Lönner presenterade 1968 ett system för operativ planläggning av drivning, lagring och vidaretransport vilket byggde på matematisk programmering (Lönner, 1968). Systemet använde sig av heuristisk- samt linjär programmering och behandlade planering från 5 år ner till en månad. Bucht presenterade en rutin för månadsplanering av drivning 1972 som byggde på Lönners resultat (Bucht, 1972). Rutinen använde sig av heuristisk optimering. Dessa system har dock inte kommit till användning.

1.3.3 Informationsteknik för planering och uppföljning

Informationsteknik (IT) har fått en allt mer framträdande roll i dagens storskogsbruk. Med IT inom skogsbruket förstås ADB-rutiner men även modernare tekniker såsom GIS, GPS och mobil telekommunikation. GIS står för Geografiskt InformationsSystem vilket innebär att man knyter databaser till geografiska objekt på en karta, tex registervärden för en avdelning, och bearbetar detta för att utvinna ny information. GPS står för Globalt PositioneringsSystem med vars hjälp man kan positionsbestämma sig digitalt, snabbt och med godtagbar noggrannhet. Detta avsnitt ska främst behandla mobil telekommunikation inom skogsbruket.

För mobil kommunikation finns för närvarande två nät i Sverige som fyller skogsbrukets behov på yttäckning och tillgänglighet, NMT 450 och Mobitex. NMT 450 är ett mobiltelefoni nät med möjlighet att sända tal och data via modem vilket ger en hög teoretisk överföringshastighet. Mobiltelefonkommunikationen är kretsloppskopplad vilket innebär att en centraldator endast kan kopplas upp mot en kommunikationsenhet i taget. Genom att använda flera kanaler kan man erhålla samtidig kommunikation med flera enheter. I sin enklaste utformning kan NMT utnyttjas för enkel produktionsrapportering genom signalering med knapparna på mobiltelefonen. MoDo Skog och Norrskog praktiserar denna metod för skotar- respektive lastbilsrapportering

(Andersson, 1994). Fördelen med NMT 450 är låg investeringskostnad, nackdelen är hög sändningskostnad och krockar i nätet.

Mobitex är ett larm- och datakommunikationsnät utvecklat av Telia under 80-talet. Systemet medger även enkelriktad tal- och telefonkommunikation. Nätet är paketförmedlande, vilket innebär att data sänds i paket om 512 tecken som kan nå centraldatorn samtidigt med paket från andra Mobitexenheter. Överföringshastigheten är relativt låg (1 200 bits/sekund) till skillnad från modem (28 800 bits/sekund) men kompenseras av ovanstående egenskaper. Eftersom teletaxan grundar sig på antalet sända tecken är Mobitexsystemet billigare än NMT vid datatrafik men dyrare vid tal- och telekommunikation (Televerket, 1992). Fördelen med Mobitex är dess mångsidighet och kapacitet främst på dataöverföringssidan samt den inbyggda larmfunktionen.

Trådlös överföring av data via Mobitex används för närvarande som daglig rapportering från skördare, skotare och lastbilar inom SCA Skog och Graningeverken. Detta används främst för produktionsuppföljning, driftsuppföljning, dirigering av lastbilar och som larmfunktion. För produktionsrapportering används skotarrapport där föraren bedömer sortimentsandelar för varje lass. Som ett utvecklingsteg mot daglig inrapportering av stocknotor från skördare har ett projekt – timmer på gång – startats inom Graningeverken i samarbete med SkogForsk¹¹. I projektet tittar man på möjligheterna att med daglig uppföljning av produktionen vid skördaren och därmed på ett bättre sätt kunna styra virkesflödet. Det ska ge möjligheter att snabbt skicka nya prislistor och apteringsinstruktioner till skördarna.

1.3.4 Ekonomisk optimering

Ekonomisk optimering ingår i ämnesområdet operationsanalys (OA) som är en "vetenskaplig metodik för att förse beslutsfattare med kvantitativa underlag för beslut" (Anon, 1994). Rötterna till OA kan spåras till 1800-talets mitt och datorns anfader Charles Babbage. En tidig tillämpare av OA inom ekonomiforskningen var Frederick W Taylor. OA utvecklades och användes flitigt av vetenskapsmän under andra världskriget för att analysera militära operationer. De kunskaper man hade erhållit omsattes sedan till företagens alltmer komplexa problem rörande resursallokering, lager och transporter under 1950-talet.

Man skiljer på modell och metod¹² inom operationsanalysen. Metoder är exempelvis linjär programmering medan modell är en matematisk formulering av det specifika problem som ska lösas.

Optimeringsmetoder

Markland (1989) urskiljer nio klasser av optimeringsmetoder inom OA; matematisk programmering, nätverksmodeller, dynamisk programmering (DP), lagermodeller, kömodeller, Markov - processer, beslutsanalys, simulering och spelteori. Exempelvis tillhör den vanligaste optimeringsmetoden - linjär programmering (LP) klassen matematisk programmering. I samma klass finner man många varianter av linjärprogrammering t ex heltalsprogrammering ("integer programming" IP), blandad

¹¹ Lidén, B. 1994. Pers. meddelande.

¹² Optimeringsmetod är i detta fall synonymt med optimeringsteknik. I amerikansk litteratur används både begreppen metod och teknik och ibland även modell som benämning för detta.

heltalsprogrammering ("mixed integer programming" MIP), målprogrammering(GP), m m. Andra förekommande metoder inom matematisk programmering är icke linjär programmering(NLP) och heuristisk programmering.

En linjär programmering används för att bestämma värdena för ett antal variabler så att en linjär målfunktion maximeras eller minimeras. Detta kan ske under förutsättning att ett antal linjära bivillkor uppfylls, t ex flaskhalsar eller miniminivåer för produktion, etc. Vid heltals- eller blandad heltals programmering(IP respektive MIP) är alla eller vissa variablerna begränsade till att vara heltal. Fördelen med ovanstående metoder är att generella programvaror finns att tillgå. LP metoden är dessutom relativt enkel att använda.

Modeller av verkligheten

Modell är en förenkling av verklighetens komplexitet till några få variabler och begränsningar som gör att problemet går att tillämpa på någon optimeringsmetod (Ståhl, m fl, 1993). I modellbegreppet ingår målformulering, avgränsandet av problemet till de mest påverkande variablerna samt matematisk formulering av modellen. En modell består ofta av flera delmodeller (volym-, pris-, kostnadsfunktioner, etc) som tillsammans ska ge en så bra beskrivning av verkligheten som möjligt med hänsyn till kostnaden för att erhålla datauppgifterna. En modell är därför aldrig bättre än dess svagaste länk.

Modeller för optimering kan delas upp i dynamiska eller statiska. En dynamisk modell optimerar flera perioder åt gången och tar därmed hänsyn till de effekter ett beslut i en period får för förutsättningarna för kommande perioder. En statisk modell optimerar endast en period vilket kan leda till suboptimering för en längre tidshorisont. En dynamisk modell är ur den synvinkeln därför att föredra framför en statisk modell. Både statiska och dynamiska modeller går att tillämpa med de flesta optimeringsmetoder. Problemet är att antalet restriktioner och beslutsvariabler växer lika många gånger som antalet perioder vid t ex linjär optimering. För att undvika alltför stor suboptimering i statiska modeller kan handlingsfriheten begränsas av resultat från en övergripande dynamisk modell eller av tumregler. Exempel på det förstnämnda kan vara en avverkningsberäkning omfattande 100 år.

Vidare kan modellerna vara deterministiska eller stokastiska. Med deterministisk modell menas att alla ingående begränsningar och koefficienter är kända och förutsägbara. Med andra ord har man vetskap om hur priser, kostnader, efterfrågan, volymer etc kommer att vara över de perioder som modellen tar hänsyn till. I en stokastisk modell ingår däremot osäkerhet och risk. Exempelvis kan efterfrågan vara en stokastisk variabel med en specifik sannolikhetsfördelning och ett väntevärde. Med en beslutsmodell som hanterar risk kan man via sannolikhetsfördelningar söka maximera den förväntade vinsten eller minimera den förväntade kostnaden (Wagner, 1975). Nackdelen med stokastiska modeller är att de blir mer komplicerade att formulera och lösa än motsvarande deterministiska problem.

Exempel på simulering med stokastiska indata är väderleksprognoser där omfattande statistisk behandling av data leder fram till en sannolik utveckling för den närmaste tiden.

1.3.5 Operationell drivningsplanering

Inom SCA

SCA Skog använder sig av ett stordatorbaserat system för drivningsplanering kallat DP-rutinen. Systemet är tillgängligt från terminaler ute på arbetsområdena och förvaltningarna och ingår som en del i VIS. SVING-plan respektive SVING-utfall är integrerat med DP-rutinen och används vid planering och löpande omplanering under året. DP-rutinen kan förses med data från dataklave (stickprovstaxering), beståndsregistret eller genom manuell inmatning (relaskoptaxering).

DP-rutinen är uppbyggd kring en databas där tre årsmängder med taxerade och utbytesberäknade trakter finns lagrade. Denna kallas för drivningsliggare vars huvudsyfte är att medge större variationsvidd på beståndskaraktäristika vid den löpande omplaneringen. Man ska kortsiktigt kunna möta variationer i efterfrågan på olika sortiment genom att "plocka" trakter ur drivningsliggaren. Data över maskiner och kostnader lagras i DP-rutinen och används vid planeringen.

Utbytesberäkningarna sker genom utbytesfunktioner (Ollas, 1980) efter angiven lägsta timmerdimension för respektive trakt. Brandels (1990) eller Näslunds volymfunktioner (1947) används för volymskattning. Utbytesberäkningarna resulterar i utbyten per sortiment uppdelat på kvaliteterna O/S och V för tall- och grantimmer samt träddeklar och skogsbränsle. Sortimentsoverföringar och omberäkningar av utbyten kan göras i efterhand om behov finns under förutsättning att trakten i fråga är provytetaxerad. Varje trakt kan dock manuellt editeras i efterhand om exempelvis taxeringsdata saknas. Prestationer och kostnader beräknas för de planerade trakterna med vald maskin / arbetslag (SCA Skog AB, Anon, 1992).

DP-rutinen är uppbyggd för att i huvudsak stödja årsplanering av drivning med möjligheter att löpande under året omplanera verksamheten utifrån förändrade förhållanden; tex virkesbeställningar, väderpåverkan, m m. I rutinen detaljplaneras hela årets avverkningar därför är gränsen mellan årsplanering och månadsplanering flytande.

Resultaten är i form av budgetunderlag med avseende på kostnader för drivning, drivningsplan samt produktionsplan. Drivningsplanen redovisar bl a start- och slutdag för de enskilda maskinerna under hela arbetsåret. Produktionsplanerna redovisar virkesutfall jämfört med virkesbeställning per sortiment och månad under året. Upplösningen på planerna går från enskild maskin till förvaltning. Produktionsplanerna överförs till virkesflödesrutinen SVING för kontroll och uppföljning.

Ett Chilenskt drivningsplaneringssystem

Weintraub (1991) beskriver ett kortsiktigt drivningsplaneringssystem framtaget för det Chilenska plantageskogsbruket. Planeringssystemet optimerar traktval, maskinsystemval, aptering och destination för virket. Modellen tar hänsyn till virkesbehovet för massaved, sågverkstimmer av varierande längd och diameter samt exportstockar, var virket ska levereras och vilken aptering som krävs. Trakter väljs som minimerar kostnader för att uppfylla ovanstående virkeskrav samt maskinsystemval och vidaretransport. Två typer av maskinsystem kan väljas i modellen lunning eller kabeldrivningssystem. Apteringsinstruktioner väljs med hänsyn till beståndens

sammansättning för att ge högsta möjliga virkesintäkt. Eftersom det är frågan om minimering av kostnader väljs sortimenten efter marginalkostnad, d v s om en exportstock apteras till sågtimmer kostar det mellanskillnaden mellan sortimenten.

Planeringssystemet optimerar över en rullande tidshorisont om tre månader indelat i sex perioder. De första fyra perioderna är veckoindelade och de två sista är månadsindelade. Systemet är avsett att köras en gång i veckan för att få aktuella planer. För att kunna lösa problemet användes en kombination av linjär och heuristisk programmering. Vid normalfallet med över 100 produkter kunde simplexmatrisen ha 100 000 variabler och över 10 000 begränsningar men genom heuristiska metoder reducerades dessa med ungefär 80 - 90 %.

1.4 Sammanfattande problemformulering

De centrala frågeställningarna i studien kan sammanfattas på följande sätt:

- hur ska förvaltningarna snabbare kunna anpassa tillverkningen i skogen till industrins skiftande virkesbehov?
- vilka sätt finns att förändra sortimentsutfallet från skogen?
- vad kostar det förvaltningarna att alltid uppfylla Virke Syd:s virkesbeställningar – är dagens premiesystem förlegat?
- vilka är de faktorer som påverkar förvaltningarnas möjligheter att nå uppställda leveransmål?
- är det möjligt att formulera en datorstödd optimeringsmodell för virkesflödesplanering fram till avlägg?

1.5 Syfte

Huvudsyftena med detta arbete har varit att utforma en modell av ett flexibelt optimerande beslutsstöd för drivningsplanering och uppföljning under osäkerhet. Modellen minimerar kostnader för apteringsförlust, leveranspremieförlust och flytt. Detta för att möjliggöra en förbättrad följsamhet på sortimentsnivå mellan avverkningsutfall och virkesbeställning. Med flexibilitet innefattas möjligheten att kontinuerligt revidera drivningsplanerna genom realtidsuppföljning av tillverkningen vid skördarna. Med osäkerhet avses att indata i drivningsplaneringen är behäftad med fel vars storlek inte är känd.

Ett annat syfte är att ge en översikt över de yttre faktorer som påverkar förvaltningarnas möjligheter att uppnå ett jämnt virkesflöde i tid och sortimentsutfall. Dessutom görs en allmän problemgenomgång inom ämnesområdet.

1.6 Avgränsningar

Arbetet avgränsas till framtagande av en modell för optimerande och realtidsuppdaterande drivningsplanläggning. Modellen är avsedd att utgöra beslutsstöd vid drivningsplanering och virkesstyrning tillsammans med dagens datarutiner inom SCA Strömsunds Skogsförvaltning. Modellen begränsas till:

- en planeringshorisont på en till två månader
- optimering av traktval inom ett arbetsområde med hänsyn till maskinkapacitet dock utan hänsyn till vilken maskin som ska allokeras till respektive trakt
- fem sortiment; talltimmer, grantimmer, barrmassaved, FFG samt lövmassaved
- fyra apteringsalternativ vad avser timrets minimidimension; 12, 14, 16 och 18 cm
- minimering av kostnader för åtgärder för att möta virkesbeställningen samt kostnader för leveranspremieförluster.

2 Material och metoder

2.1 Material

Allt material som nämns nedan avser Ströms respektive Hotings arbetsområde (AO) inom SCA Strömsunds SF (se karta i bilaga 1). Något material rörande Krokoms AO har inte använts i studien. Arbetsområdena ligger i nordvästra Jämtland och är grandominerat. Hotings AO består av 154 000 hektar produktiv skogsmark över 30 år och avverkar 245 000 m³fub per år. Motsvarande siffror för Ströms AO är 99 300 hektar och 190 000 m³fub. Hotings och Ströms arbetsområde består av en AO chef, fyra arbetsledare och sju arbetslag vardera. Maskinparken består nästan uteslutande av entreprenörer och AT/borgensägda maskiner. Endast en egen maskin finns i Hotings AO.

Rådata till arbetet utgörs av material från taxeringen av drivningstrakterna och rapporter ur drivningsliggaren för Hotings respektive Ströms AO. Både taxeringsmaterial och drivningsliggare är hämtade ur drivningsplaneringsrutinen (DP).

2.1.1 Taxeringsmaterialet

Taxeringsmaterialet bestod dels av stamlistor på klavade träd, dels allmänna traktspecifika data som tillsammans utgjorde underlag för utbytesberäkningen i studien. I DP-rutinen görs volym- och utbytesberäkning med detta taxeringsmaterial som underlag. Dock finns möjlighet att direkt överföra avdelningsregistrets volymer och använda dem i planeringen.

Materialet utgör en delmängd av de variabler som insamlas vid den objektiva taxeringen för drivningsplanering inom SCA. Variabler som inte har beaktats är exempelvis traktbärighet, natur- och skogsvårdsåtgärder m m. I bilaga 2 visas en förteckning över samtliga variabler i taxeringsmaterialet som togs ut ur DP-rutinen.

Klavdata för respektive trakt lagras eller behandlas inte separerat för varje provyta i DP-rutinen utan som klassindeldad diameterfördelning för hela trakten. Eftersom det inte går att hänföra de klavade träden till enskilda provytorna är volym och utbytesberäkningen i studien gjord med traktvisa indata. Detta är inte det vedertagna sättet att använda Söderbergs funktioner och man riskerar därmed ett större fel i höjd- respektive barktjockleksskattningen (Söderberg, 1992).

2.1.2 Drivningsliggaren

Drivningsliggaren är den databas med taxerade och utbytesberäknade trakter som drivningsplaneringen inom SCA utgår ifrån. Drivningsliggaren består normalt av tre årsmängder drivning och fylls på varje sommar med nya taxerade och utbytesberäknade trakter. Med hjälp av drivningsliggaren planeras trakter till avverkningsåtgärder för ett år. Vid omplanering hämtas normalt ersättningstrakter ur denna traktdatabas.

I DP-rutinen kan ett flertal rapporter skapas varav några beskriver drivningsliggarens innehåll och omfattning. För denna studie skapades följande rapporter ur drivningsliggaren:

1. B550R01 kvantiteter per avlägg (se bilaga 3)
2. B550R02 översikt avlägg (se bilaga 3).

Rapport nr 1 beskriver skattade kvantiteter för varje sortiment per trakt och sortimentsgrupp. I detta fall har sortimentsgrupp rundvirke använts (bilaga 3). Rapport nr 2 beskriver en översiktlig sammanställning av vissa data för varje trakt. Gemensamt för bägge rapporterna är att de redovisar avläggsnummer, ursprung, huggningsform och vilka trakter som är planerade för avverkningsåtgärd.

Syftet med rapporterna var att ge en överblick över taxeringsmaterialet och att rensa det från redan avverkade trakter. Detta gjordes av AO-cheferna och arbetsledarna som utifrån ovanstående rapporter strök trakter avverkade före 1995 och markerade de kvarvarande inplanerade trakterna för 1995. Drivningsliggarens omfattning efter rensning redovisas i Tabell 2.1.

Tabell 2.1. Drivningsliggarens omfattning för respektive AO den 1 januari 1995

AO	Trakter planerade	Trakter totalt	Volym Egen skog	Volym Trädköp	Volym totalt	Antal taxerade årsmängder*
Hoting	71	225	727 480	37 370	764 850	2,97
Ström	56	240	716 863	48 547	765 410	3,53

* Avser kvoten total volym drivningsliggare och årsbeställning 1994 exkl leveransvirke.

För dessa kvarvarande trakter fanns dock inte all taxeringsdata sparad i DP-rutinen. Detta medförde att underlaget för volym- och utbytesberäkning i denna studie blev mindre än drivningsliggarens innehåll. För Ströms AO fanns taxeringsdata för 205 trakter och för Hotings AO fanns data för 137 trakter.

2.1.3 Leveransmål virke

Leveransmål virke utgörs av årsbeställningen 1995 för Hoting och Ströms arbetsområde och är taget ur SVING-plan på Strömsunds förvaltningen. Leveransmålen är nedbrutna per sortiment, månad och arbetsområde. Dessa ingår som begränsningar i linjärprogrammeringsmodellen.

2.1.4 Priser och kostnader

I studien har SCA Skog:s prislista 1995-01-01 för timmer av tall och gran i kvalitet V samt för barrmassaved, FFG och lövmassaved använts. Timmerpriserna redovisas i bilaga 4. För massaved är priserna socken beroende och har i Jämtlands län 8 nivåer. För att förenkla har massavedspriset fastställts till nedanstående inom hela Strömsunds förvaltning.

Barrmassaved	FFG	Björkmassaved
245 kr/m ³ fub	257 kr/m ³ fub	252 kr/m ³ fub

Medelflyttkostnaden har erhållits utifrån AO-chefernas bedömning av denna inom arbetsområdet. Kostnaden bedömdes till 4 500 kr per flytt av hela maskinsystem, skördare och skotare samt kojor.

2.1.5 Prestationer

Skördarprestationer $\text{m}^3\text{fub}/\text{G}_{15\text{h}}$ är skattade med hjälp av SCA:s prognosunderlag (1993). Prestationerna beräknas med hjälp av variablerna medelstam, trädslag, maskintyp och maskinstorlek. Dessa grundvärden korrigeras med hjälp av maskinens tekniska utnyttjandegrad (TU) samt med korrektionsfaktorer. Korrektionsfaktorerna avser bl a årstid, underväxt, ytstruktur, lutning, markförhållanden, etc vilket sänker den teoretiska prestationen. För studien har ett genomsnittsvärde för både teknisk utnyttjandegrad och korrektionsfaktorer erhållits utifrån AO chefernas bedömning av dem. De är enligt följande:

$$\text{Prestationskorrektion} = -10 \%$$

$$\text{TU} = 80 \%$$

Dessa värden har använts genomgående för beräkning av tidsåtgången för skördararbetet per trakt. Den beräknade tidsåtgången per trakt är därmed bara beroende av medelstammens volym.

2.1.6 Premieförlust

Premie för måluppfyllelse avseende virkesleveranser har i denna studie ökats till 30 kr/ m^3fub från 10 kr/ m^3fub . Det har gjorts med hänsyn till ett nykonstruerat premiesystem som används i studien och i optimeringsmodellen. Utebliven eller sänkt premie ses som en kostnad för icke uppfyllda leveransmål och kallas genomgående för premieförlust.

2.2 Metoder

2.2.1 Linjärprogrammeringsmodell

För studien har en linjärprogrammeringsmodell skapats som minimerar kostnader för åtgärder att förändra sortiments- och volymsutfallet vid drivning och planering av drivning. Åtgärdsvariabler i modellen är:

- apteringsinstruktion – val mellan 12, 14, 16 och 18 cm minsta timmerdiameter
- traktbyte till trakt med annat utgångsläge och sortimentssammansättning
- ingen åtgärd alls – dvs premieförlust enligt funktion.

Kostnaderna avser apteringsförluster vid förändring av minsta timmerdiameter, t ex när aptering av timmer ändras från 16 cm till 18 varvid klenare timmer blir massaved. Kostnader för traktbyte avser flytt av maskinutrustning och kojor, vilket belastar trakten omedelbart den väljs för avverkningsåtgärd. Leveranspremieförlust betraktas även som kostnad i modellen och styr leveranserna till önskvärda volymer per sortiment och period. Modellen medger att man minimerar kostnaden för icke utnyttjad maskinkapacitet. Dvs om man har egna maskiner som bör utnyttjas till fullo under hela planperioden kan stilleståndskostnaden minimeras.

Modellen utnyttjar linjärprogrammering (LP) och optimerar en eller två månader åt gången. Modellen är dynamisk i det avseendet att den kan ta hänsyn till två månader vid optimeringen. Eftersom det förutsätts att all indata är kända eller förutsägbara är modellen deterministisk. Optimeringen görs på fem sortiment; talltimmer, grantimmer, barrmassaved, FFG-massaved samt lövmassaved och fyra apteringsalternativ med 12, 14, 16 och 18 cm diametergräns för timret. Det maximala antalet trakter i optimeringen varierar mellan 700 och 1400 beroende på om optimering görs för en eller två månader samt hur många apteringsalternativ som tas med i beräkningarna. Antalet trakter begränsas av det använda optimeringsprogrammet Orsys. Det är begränsat till 3 000 rader eller begränsningar samt 15 000 kolumner eller variabler i målfunktionen.

2.2.2 Målfunktionen

Gemena (små) bokstäver indikerar variabler och versaler indikerar konstanter i samtliga formler.

Målfunktionen - vars värde ska minimeras utgörs av kostnaden för att leverera beställd volym av de olika sortimenten. Kostnaderna kan vara av fyra slag (se målfunktion nedan):

- a) Kostnad för apteringsförlust, är $V_{ijk} * C_{ij} * x_{ijl}$, där V_{ijk} = volym m³fub (beror av trakt i, apteringsalternativ j och sortiment k); C_{ij} = apteringsförlust kr / m³fub (beror av trakt i och apteringsalternativ j) samt x_{ijl} = vald volymandel (beror av trakt i, apteringsalternativ j och månad l). Målfunktionen ska minimeras genom att välja variabeln x_{ijl} lämpligt.
- b) Flyttkostnad, dvs $FL_i * x_{ijl}$, där FL_i = flyttkostnad för trakt i och x_{ijl} = vald volymandel (beror av trakt i, apteringsalternativ j och månad l).

- c) Kostnad för leveranspremieförlost, dvs $B_k * p_{kl}$, där B_k = premieförlost kr / m³fub och p_{kl} = volym m³fub utanför premieintervallet för sortiment k och månad l. Premieintervallet anger inom vilka gränser utfallet får vara gentemot virkesbeställningen för att full premie ska utgå. Se vidare i kapitel 2.2.6, premieförlostfunktionen.
- d) Kostnad för icke utnyttjad maskinkapacitet dvs stilleståndskostnad, $r_l * M$, där r_l = stilleståndstid för månad l uttryckt i G_{15h} och M = stilleståndskostnad kr / G_{15h}.

Apteringsförlost är den kostnad som blir resultatet av att man går upp en eller flera diameterklass(-er) från 12 cm toppdiameter på timret. Flyttkostnaden kommer att belasta vald trakt med samma andel som vald trakt avverkas. Detta är en teknisk lösning eftersom beslutsvariabeln, x_{ijl} , är en kontinuerlig variabel vilket är en förutsättning för linjärprogrammering.

Kostnaderna för leveranspremieförlost summeras per sortiment om differensen mellan beställd kvantitet och utfallet är större än det största tillåtna premieintervallet för det aktuella sortimentet (se Figur 2.2). Om så är fallet multipliceras volymdifferensen med marginalkostnaden för utebliven premie vilket i exemplet i Figur 2.2 är 100 kr/m³fub och motsvaras av en lutningskoefficient på 1,0 i premiefunktion. Se vidare i kapitel 2.2.6, premieförlostfunktionen.

Mål: minimera C

Målfunktionen:

$$C = \sum_l \left(\sum_i \sum_j \left(\left(\sum_k V_{ijkl} \right) * C_{ij} * x_{ijl} \right) + \sum_i \sum_j \sum_k (FL_i * x_{ijl}) + \sum_k (B_k * p_{kl}) + r_l * M \right)$$

|_____ a) _____| |_____ b) _____| |___ c) ___| |_ d) _|

Bivillkor:

Bivillkor 1) Denna restriktion anger att trakten bara kan avverkas en gång över de olika apteringsalternativen samt månaderna. Dvs om 100 % av en trakt har valts att avverkas i månad l med timmergräns 14 cm kan den inte avverkas under nästa månad eller med annan timmergräns. Om däremot 50 % av trakten har valts till avverkning med 14 cm och under månad l kan resterande 50 % fördelas på andra timmergränser eller avverkas nästa månad. Begränsningen medför att varje sortiment avverkas med lika stor andel i trakten. Hur mycket som faller ut i olika sortiment beror på valt apteringsalternativ och traktens trädslagsfördelning.

$$1) \sum_j \sum_l x_{ijl} \leq 1 \quad \text{begränsar } x \text{ för trakt } i \text{ till max } 1 \text{ över apteringsalternativen } j \text{ och månaderna } l$$

Bivillkor 2) och 3) Dessa restriktioner anger inom vilka intervall utfallet får skilja sig från beställd kvantitet för att full premie ska utgå. Restriktion 2) anger nedre volymbegränsning, restriktion 3) övre. I de fall utfallet för något eller några sortiment ligger utanför intervallet, som exempelvis kan vara $\pm 10\%$ (d v s $A=0,1$), utgör över- respektive underskottsvolymer (p_{kl}) för det sortimentet underlag för premiesänkning. Variabeln p_{kl} multiplicerat med marginella premieförlusten B_k i målfunktionen ger premieförlusten för den aktuella planen. Variabeln p_{kl} intar antingen värdet noll (0) eller ett tal större än noll.

$$2) \sum_i \sum_j (V_{ijk} * x_{ijl}) + p_{kl} \geq E_{kl} * (1 - A_k) \quad \text{nedre gräns för full premie}$$

$$3) \sum_i \sum_j (V_{ijk} * x_{ijl}) - p_{kl} \leq E_{kl} * (1 + A_k) \quad \text{övre gräns för full premie}$$

Matematiskt uttryckt blir p_{kl} följande när intervallet för full premie är exempelvis $\pm 10\%$:

$$p_{kl} = \begin{cases} 0 & \text{om } 0,9 * E_{kl} \leq W_{kl} \leq 1,1 * E_{kl} \\ 0,9 * E_{kl} - W_{kl} & \text{om } W_{kl} < 0,9 * E_{kl} \\ W_{kl} - 1,1 * E_{kl} & \text{om } W_{kl} > 1,1 * E_{kl} \end{cases}$$

där: $W_{kl} = \sum_i \sum_j (V_{ijk} * x_{ijl})$, d v s volym per sortiment och månad.

Bivillkor 4) Tar hänsyn till den sammanlagda maskinkapaciten uttryckt i G_{15h} som finns för respektive månad. Tidsåtgången för valda trakter måste vara mindre än eller lika med den tillgängliga maskinkapaciteten under månaden. D v s man kan inte avverka mer skog än det finns resurser för. Icke utnyttjade G_{15h} blir stilleståndstid r_l .

$$4) \sum_i \sum_j (T_i * x_{ijl}) + r_l = K_l \quad \begin{array}{l} \text{maximalt antal tillgängliga} \\ \text{maskintimmar för varje månad l} \end{array}$$

Bivillkor 5) Denna restriktion anger maximalt antal tillgängliga maskintimmar (skördare) för att avverka en trakt under en månad. Antalet maskintimmar per trakt, G_l , erhålls genom att dividera det totala antalet tillgängliga maskintimmar per månad K_l med antal skördare. Restriktionen begränsar antalet skördare per trakt till en. Restriktionen är valfri vilket ger möjlighet till att allokera optimalt antal skördare per trakt med hänsyn till virkesefterfrågan.

$$5) \sum_j \sum_k x_{ijl} * T_i \leq G_l \quad \text{max antal timmar som kan utnyttjas för trakt i under månad l}$$

Sammanfattning av index, variabler och konstanter:

i = trakt, j = apteringsalternativ, k = sortiment, l = månad.

V_{ijk} = volym(m^3 fub) från trakt i , apteringsalternativ j och sortiment k .

C_{ij} = apteringsförlust(kr/ m^3 fub) för trakt i och apteringsalternativ j ,
för alla $j=1$ (d v s 12 cm) är $C_{ij} = 0$.

FL_i = Flyttkostnad för trakt i .

x_{ijl} = variabel som anger volymandel av trakt i , apteringsalternativ j och månad l som är
vald till avverkning och därmed minimerar kostnaden, beslutsvariabel.

B_k = premieförlustfunktionens lutningskoefficient för sortiment k , uttryckt som
marginalkostnad kr / m^3 fub per procentuell differens mellan utfall och
beställning.

p_{kl} = volymdifferens mellan utfall och beställning, utanför tillåtet premieintervall,
för sortiment k och månad l .

E_{kl} = efterfrågad volym(m^3 fub) av sortiment k och månad l .

A_k = maximal relativ volymdifferens från efterfrågan volym E_{kl} som accepteras i sortiment
 k , t ex $\pm 10\%$ ($A_k=0,1$), för att full premie ska utgå.

T_i = tidsåtgång(G_{15h}) för att avverka trakt i .

K_l = total maskinkapaciteten i timmar(G_{15h}) för månad l .

G_l = maximal timutnyttjande(G_{15h}) per skördare under månad l .

r_l = icke utnyttjad G_{15h} under månad l , d v s stilleståndstid.

M = kostnad för icke utnyttjad maskinkapacitet, stilleståndskostnad uttryckt i
kr / G_{15h} .

En översiktssbild på simplexmatrisen ges i bilaga 6.

2.2.3 Funktioner för volym- och utbytesberäkning

Generellt sett har samma funktioner för volym- och utbytesberäkning använts som SCA Skog använder idag i drivningsplanläggningsrutinen (DP). För utbytesberäkningen har Ollas funktioner för enskilda träd (Ollas, 1980) använts med undantag för vissa, av SCA, lokalt anpassade funktioner¹³. DP-rutinen har på senare tid kompletterats med Söderbergs funktioner för barktjocklek och trädhöjd (Söderberg, 1992) samt Brandels volymfunktioner (Brandel, 1990). Man har möjlighet att välja mellan att använda Näslunds volymfunktioner eller Brandels volymfunktioner vid datainsamlingen vilket medfört att ett varierande antal variabler insamlats. Detta har inneburit att volymberäkningen för respektive trakt i studien har genomförts på två sätt beroende på omfattningen av de insamlade traktdata. Nedan följer en uppräknings av använda metoder för volymberäkning:

¹³ Larsson, B. 1994. Pers. meddelande.

1. funktioner för barktjocklek och trädhöjd enligt Söderberg (1992) samt Brandels (1990) volymfunktioner
2. funktioner för trädhöjd enligt Skogsarbetens höjdklasssystem (Bergström, 1980) samt Näslunds (1947) volymfunktioner.

Volymberäkning enligt metod 1 använder Söderbergs funktioner för enskilda träd. De har dock använts med traktvisa data eftersom de inte är separerade provytevis i DP-rutinen. Brandels funktioner i funktionsgrupp 200-01 (volym under bark och över stubbe) för tall, gran och björk har använts.

Volymberäkning enligt metod 2 använder sig av Skogsarbeten:s höjdklasssystem. Detta är det ursprungliga förfarande vid utbyteskalkyler med hjälp av Ollas utbytesfunktioner. Med hjälp av höjdklassen för respektive trädslag beräknades volymen(ub) med Näslunds volymfunktioner.

Ovanstående metoder för volymberäkning används även i DP-rutinen.

2.2.4 Prisberäkning

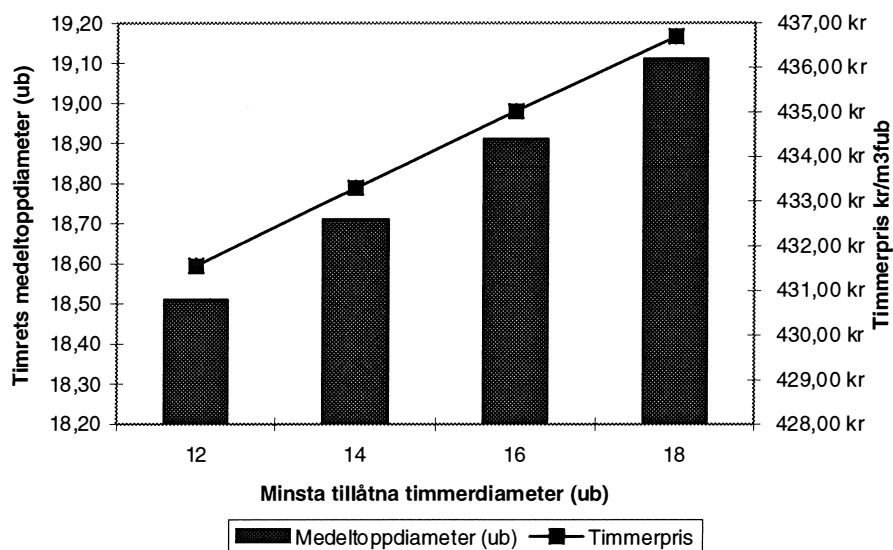
Prisfunktioner för tall och gran i kvalitetsklass Kvinta (V) har konstruerats med hjälp av "minsta kvadratmetoden" och är av typen:

$$\text{Timmerpris (kr/m}^3\text{to)} = a + b * Td + c * Td^2 + d * Td^3$$

där: Td = medeltoppdiameter under bark;
a, b, c, d är koefficienter

Funktionernas koefficienter och spridningen kring funktionerna redovisas i bilaga 7. Eftersom inga kvalitetsvariabler var insamlade till DP-rutinen i aktuellt område gjordes ingen prisfunktion för kvalitetsklass O/S.

Med hjälp av prisfunktionerna har timmerintäkt beräknats för respektive diameterklass och apteringsalternativ. Timmerpris (kr / m³to) för respektive diameterklass ges av ovanstående prisfunktionen med diameterklassens medeltoppdiameter som ingångsvariabel. Medeltoppdiameteren, som ges av utbytesfunktionerna, ökar i samma diameterklass med en högre diametergräns på timret. Därmed ökar även timmerpriset för den diameterklassen, se Figur 2.1. Samtidigt minskar timmervolymen i respektive diameterklass med ökad diametergräns.



Figur 2.1 Timrets medeltoppdiameter under bark och timmerprisets beroende av minsta tillåtna timmerdiameter. Figuren avser förhållandet för (träd)diameterklass 24 cm på bark (2 cm klassvidd) vilket motsvarar 22,48 cm under bark enligt Ollas.

Timmerintäkt summeras över samtliga diameterklasser för tall och gran inom varje apteringsalternativ. På liknande sätt summeras intäkter för massavedssortimenten. Med virkesintäkt förstås summan av timmerintäkter för gran och tall samt summan av barrmassaveds-, FFG-, och lövmassavedsintäkt över samtliga diameterklasser. Timmerintäkt, virkesintäkt samt apteringsförlust C_{ij} för respektive apteringsalternativ har beräknats enligt nedanstående formler.

Timmerintäkt (Tim) för trakt i, apteringsalternativ j, trädslag m och diameterklass n;

$$\text{Tim}_{ijm} = \sum_n \text{timmerpris}_{ijmn} * \text{timmervolym}_{ijmn}$$

$$\text{Virkesintäkt}_{ij} = \text{Tim}_{ij m=\text{tall}} + \text{Tim}_{ij m=\text{gran}} + \text{barrmassaveds}_{ij} + \text{FFG}_{ij} + \text{lövmassaveds}_{ij}$$

$$C_{ij} (\text{Apteringsförlust}) = [\text{Virkesintäkt}_{i12} - \text{virkesintäkt}_{ij}] / V_i (\text{m}^3\text{fub})$$

där j motsvarar aptering med 12, 14, 16 resp 18 cm toppdiameter

Apteringsförlusten C_{ij} (kr/m³fub) avser således hela trakten och blir multiplicerad med volymen (m³fub) per sortiment kostnaden för trakt (i), aptering (j) och sortiment (k) i målfunktionen, d v s $V_{ijk} * C_{ij}$ (se kapitel 2.2.1 Linjär programmeringsmodell).

2.2.5 Flyttkostnader

Som tidigare nämnts behandlas flyttkostnaden som en kontinuerlig variabel i målfunktionen. Flyttkostnaden belastar således trakten med samma andel som den avverkas under månaden. Detta innebär att flyttkostnaden, i modellen, i många fall blir lägre än den verkliga flyttkostnaden eftersom vissa trakter tar mer än en månad att avverka eller avverkas inte helt under perioden. I modellen används medelflyttkostnaden för arbetsområdet som närmevärde för flyttkostnad per trakt. I verkligheten kommer flyttkostnaden att variera med transportavståndet. Att skapa en modell som tar hänsyn till detta är synnerligen komplicerat.

2.2.6 Premieförlustfunktion

SCA Skog:s premiesystem för uppfyllda virkesleveransmål är av diskret typ, d v s kan anta två lägen – full premie eller ingen premie alls. Detta premiesystem är enkelt att uttrycka som absolut begränsning i en LP-modell. Men det ger inte möjligheter för förvaltningen att ibland ta en mindre premieförlust istället för helt uppfylla virkesbeställningen. För detta arbete har därför en enkel linjär premieförlustfunktion tagits fram. Funktionen (kr totalt) har formen:

$$\text{Premieförlust(kr)} \begin{cases} B^*[e^*(1-A)-u] & \text{för } u \leq [e^*(1-A)] & \text{nedre gräns} & 1) \\ B^*[e^*(1+A)-u] & \text{för } u \geq [e^*(1+A)] & \text{övre gräns} & 2) \\ 0 & \text{för } [e^*(1-A)] < u < [e^*(1+A)] & & 3) \end{cases}$$

där:

A = anger det procentuella intervallet där full premie utgår t ex $\pm 10\%$,

B = anger förlustkurvens lutningskoefficient uttryckt i % t ex 100,

e = efterfrågad volym (virkesbeställning),

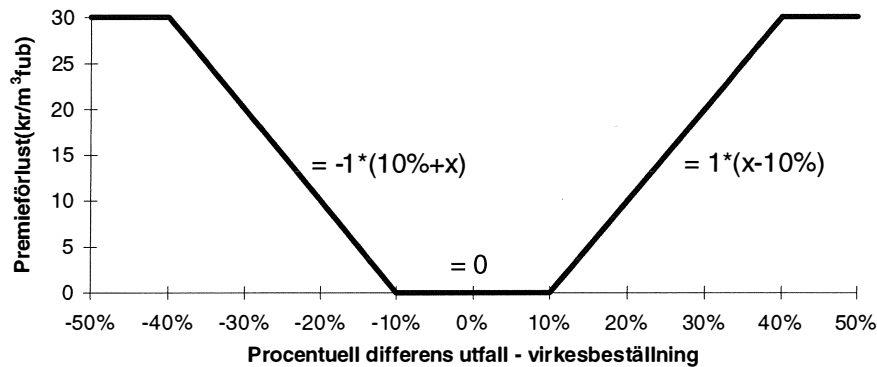
u = levererad volym (utfall).

Uttryckt i kronor per m^3 fub får funktionerna utseendet:

$$\begin{aligned} \text{Premieförlust(kr/m}^3\text{fub)} &= -B^*(A+x) && \text{för } x < 0 - A \\ \text{Premieförlust(kr/m}^3\text{fub)} &= B^*(x-A) && \text{för } x > 0 + A \end{aligned}$$

där:

x = procentuell differens mellan utfall och virkesbeställning.



Figur 2.2 Exempel på premieförlust-kurva där $A = 10\%$ och $B = 1$. Premieförlusten är i figuren begränsad till max 30 kr / m³fub.

Koefficienten B uttrycker marginalkostnaden per m³fub för förvaltningen att ta premieförlust istället för att uppfylla virkesbeställningen, se exempel nedan. Koefficienten uttrycker också lutningen på linjen där 1 motsvarar en ökning av förlusten med 1 kr/m³fub (totalt) när differens mellan utfall och virkesbeställning ökar med en procent.

I målfunktionen är lutningskoefficienten uttryckt i procent och volymdifferensen mellan utfall och beställning i absoluta tal, d v s omvänt mot vad som redovisas i figuren ovan. Därmed blir konstanten B_k i målfunktionen 100 vilket följer av att $100\% = 1$.

EXEMPEL

Förutsättning:

FFG beställning = 3 000 m³fub för januari; $A = 10\%$; $B = 100$; utfall = 2 500 m³fub.

$3\,000 * 10\% = 300$, vilket ger nedre gräns för full premie = 2 700 (3 000 - 300).

Den absoluta differensen är $2\,700 - 2\,500 = 200$ och den relativa differensen är $200 / 2\,500 = 0,08$ eller 8 %.

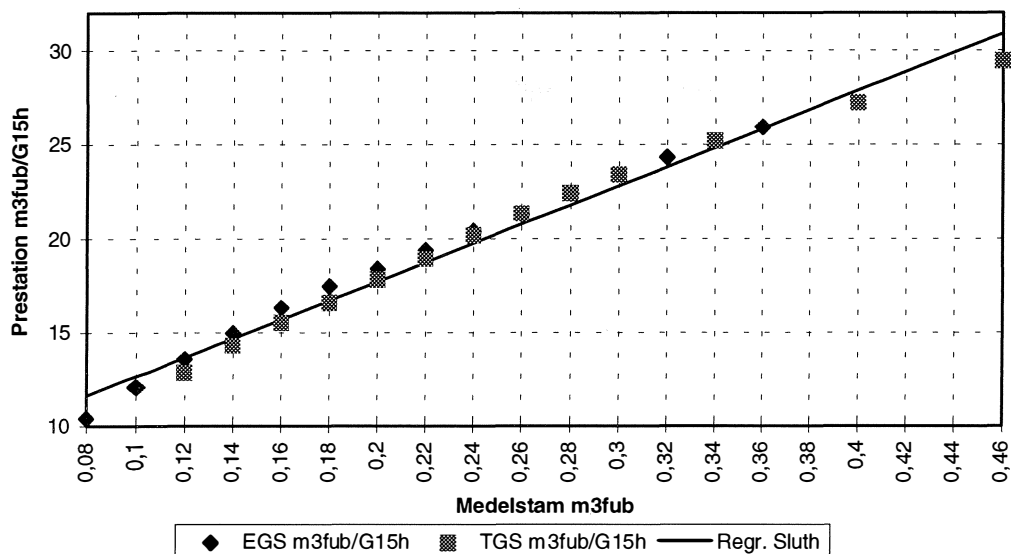
Enligt formel 1) erhålls: Premieförlust = $100 * (3\,000 * (1 - 0,1) - 2\,500) = 20\,000$ kr.

Det ger $20\,000 / 2\,500 = 8$ kr / m³fub i förlust för FFG i januari månad.

Enligt figuren ovan erhålls $1 * 8 = 8$ kr / m³fub d v s samma sak.

2.2.7 Prestationsfunktioner

Med hjälp av linjär regressionsanalys har prestationskurvor skattats ur SCA Skog:s prognosunderlag(1993) för engrepps- respektive tvågreppsskördare. Eftersom hälften av skördarna är tvågreppsskördare i de studerade AO:na har en sammanvägning av prestationskurvorna för slutavverkning med engrepps- och tvågreppsskördare gjorts. För dessa kurvor har en linjär anpassning gjorts inom intervallet 0,08 - 0,45 m³fub medelstam, se Figur 2.3.



Figur 2.3. Linjär prestationskurva för sluthuggning jämfört med prestationsprognosens värde för engreppsskördare(EGS) samt tvågreppsskördare(TGS). Funktionen har formen: $Prestation = \alpha + \beta * Medelstam$; där $\alpha = 7,58$ och $\beta = 50,73$.

För gallring gjordes en liknande linjär anpassning av prestationskurva för engreppsskördare inom intervallet 0,06 till 0,16 m³fub. Prestationsfunktionen för gallring hade samma utseende som för sluthuggning, där $\alpha = 2,856$ och $\beta = 70,4$.

2.2.8 Simulering av utfall från skördare

I studien har prognoser på simulerade skördardata gjorts för att utröna hur linjärprogrammeringsmodellen behandlar utfall som avviker från plan. För att efterlikna ett vanligt förekommande utfall med överskott på timmer och underskott på massaved jämfört med plan har en systematisk avvikelse infogats i simuleringen. Storleken på de systematiska avvikelserna grundar sig inte på någon statistik över vad som har varit utan är endast till för att testa modellen. De simulerade uppgifterna från skördare motsvarar vad man kan erhålla från modernare skördaraggregat och apteringsdatorer, d v s prestationsrapport samt produktionsrapport(stocknota).

Vid simulering av skördarrapport på dagsbasis har följande stokastiska moment antagits föreligga:

1. tidsutnyttjande (G15h/dag)
2. produktion d v s volymer per sortiment och tidsenhet.

För tidsutnyttjandet per dag har ingen simulering gjorts. De variationer som tidsutnyttjandet normalt uppvisar beror på stillestånd p g a reparation, sjukdom, utbildning, m m samt förlängning / förkortning av tidsåtgång beroende av arealfel, väderlek, m m. Variationer i tidsutnyttjandet täcks av simuleringen av produktion per sortiment och tidsenhet. Detta har medfört att samma totala tidsåtgång per trakt används både vid utbytesberäkning och simulering.

Skördarna antas köra i överlappande skift vilket medför att tillgänglig tid är 12 timmar per dag. Med en TU-grad på 80 % ger det 9,6 timmars utnyttjad tid per dag.

Produktionen per sortiment och tidsenhet beror på bl a medelstam, försvårande omständigheter såsom väderlek, hinder, samt traktens verkliga sortimentsfördelning. För denna studie har produktion per sortiment simulerats med hjälp av normalfördelningskurvan med en variationskoefficient (C)¹⁴ motsvarande 0,1. Detta innebär att standardavvikelsen för respektive sortiment och trakt är 10 % av väntevärdet¹⁵. Den systematiska avvikelsen från väntevärdet sattes för tall- respektive grantimmer till 20 % över utbyteskalkylen. Väntevärdena för barrmassaved och FFG sänktes med 30 % samt med 40 % för lövmassaved.

Först gjordes ett traktval med utbyten per sortiment enligt taxeringsunderlaget. För de valda trakterna simulerades utfall från skördaren med ovanstående variationskoefficient och systematiska avvikelse. I Tabell 2.2 görs en jämförelse mellan de valda trakternas utbytesberäknade sortimentsutfall samt väntevärdena för de simulerade utfallen.

Tabell 2.2 Väntevärden för de simulerade trakternas sortimentsutfall samt utbytesberäkningens sortimentsutfall per dag (9,6 timmar/maskin).

Trakt	Utbytesberäkning					Väntevärde vid simulering				
	TT	GT	BM	FFG	LÖV	TT	GT	BM	FFG	LÖV
12053310	16,71	0,16	91,23	0,00	1,11	20,05	0,20	63,86	0,00	0,67
12063310	16,68	39,82	14,88	48,97	1,00	20,01	47,78	10,42	34,28	0,60
12069310	45,81	18,10	37,83	23,79	0,99	54,97	21,73	26,48	16,65	0,59
12090410	46,63	10,21	35,19	26,88	2,69	55,95	12,26	24,63	18,81	1,61
12220920	12,68	13,69	80,53	0,00	2,01	15,22	16,43	56,37	0,00	1,21
12251920	0,00	118,41	41,29	0,00	3,17	0,00	142,10	28,90	0,00	1,90
12294310	0,00	44,61	9,63	54,55	3,89	0,00	53,53	6,74	38,18	2,33
12432930	12,82	29,81	64,74	0,00	4,07	15,38	35,77	45,32	0,00	2,44
12631020	36,40	8,32	62,93	0,00	5,38	43,68	9,99	44,05	0,00	3,23
15680410	0,00	122,40	7,14	40,41	0,00	0,00	146,88	4,99	28,29	0,00

TT=Talltimmer, GT=Grantimmer, BM=Barrmassaved, FFG=Färsk frisk granmassaved, Löv=Lövmassaved

2.2.9 Prognoser över utfall med hjälp av skördardata

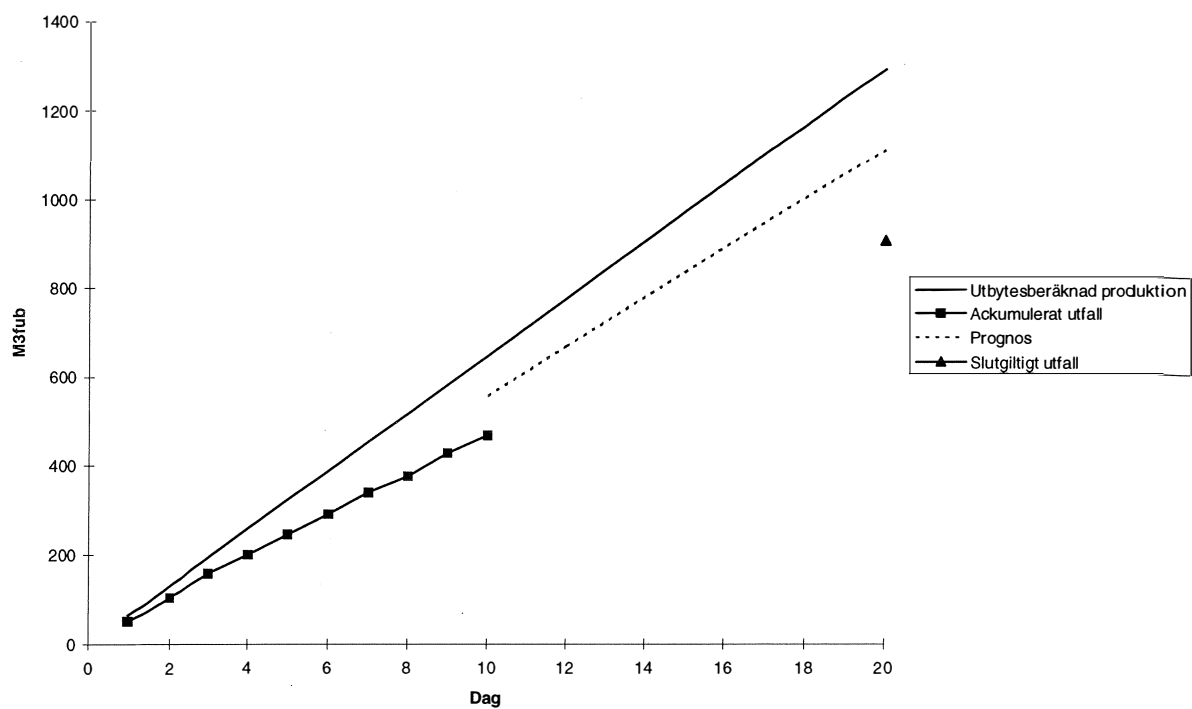
Prognoser över sortimentsvisa utfall på enskilda trakter görs med hjälp av en vägd funktion. Avverkad volym vägs mot bedömd avverkad arealandel och summeras med utbytesberäknad volym vägd mot kvarvarande arealandel. Ju större andel av trakten som är avverkad desto större hänsyn tas till det verkliga utfallet. Exempel på hur prognoser ser ut redovisas i Figur 2.4. Funktionens utseende är enligt följande:

$$\text{Prognos} = \text{andel} * \text{Plan} + (1 - \text{andel}) * \text{Utfall}$$

Där:
 andel = traktens kvarvarande arealandel,
 Plan = volym enligt utbytesberäkning,
 Utfall = volym enligt utfall från skördarmätning.

¹⁴ Variationskoefficient (C) = $\frac{\text{Standardavvikelse (Sx)}}{\text{Medelvärde}(\bar{X})}$

¹⁵ Väntevärde är det förväntade sortimentsvisa utfallet per dag (medelvärdet).



Figur 2.4. Exempel på vägd prognos för en trakt beräknad att ta 20 dagar. Prognosen grundar sig på inmätta volymer för 10 dagar. Utfallen är simulerade enligt Tabell 2.2 och avser trakt nr 12432930.

2.3 Dator och programmiljö

För studien har Microsoft Excel 5.0 i huvudsak använts. Programmet har många fördelar; det är intuitivt, det är generellt och kan anpassas till de flesta kalkylsituationer, det har många och kraftfulla funktioner samt stora möjligheter att skapa egendefinierade funktioner och procedurer. Makrospråket i version 5.0 (Visual Basic) är lättarbetat och medger strukturerade och avancerade procedurer. Dessutom är programmet välkänt för de flesta inom företag och institutioner i landet. En annan av fördelarna med Excel är dess möjlighet att dels presentera information på ett lättillgängligt och överskådligt sätt dels utbyta information med andra program.

Till Excel:s nackdelar hör att det är långsamt, speciellt vid beräkningar på stora kalkylblad. Detta hänger ihop med att programmet är så pass generellt som det är och att man inte kan styra variabeldeklaration på kalkylbladen. Det blir med andra ord ett minnes- och processorkrävande program vid större beräkningar.

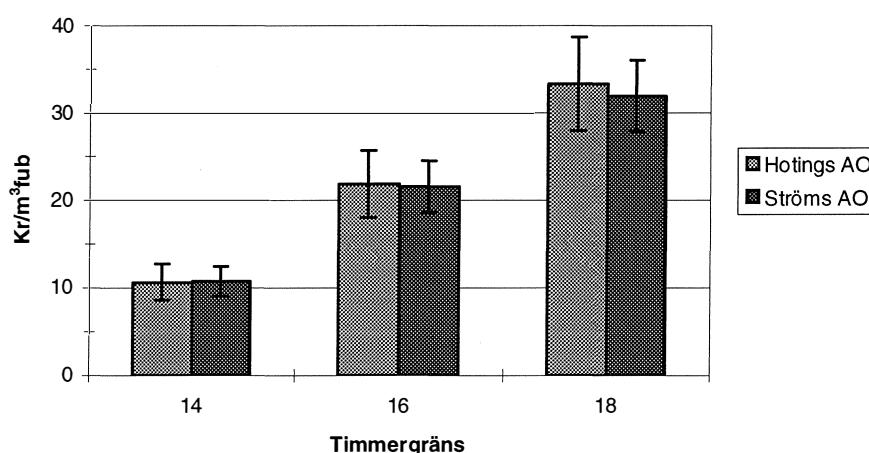
För lösandet av linjärprogrammeringsmodellen(simplexmatriken) har ett DOS-baserat program använts. Det heter Orsys (Operations Research System) och tillverkas av Eastern Software Products. Programmet är specialanpassat för olika typer av optimeringsmetoder såsom linjär, icke linjär, heltals respektive transportoptimering. Fördelen med programmet är att det klarar av stora matriser samt att det arbetar relativt snabbt. Det är dessutom anpassat att läsa in indatafilmer från och skriva resultatfiler till andra kalkylprogram såsom Excel, Lotus m fl.

Vid programkörningar har Excel används för bearbetning av indata d v s skapande av ingångsmatrisen i form av en ASCII-fil, resultatredovisning samt för styrning av Orsys. Själva optimeringen sker i Orsys vilket är den mest krävande delen. En typisk programkörning med 200 trakter och två månader, vilket innebär en matris på 1 622 kolumner och 822 rader, tar ca 20 sekunder i Excel och 1 minut i Orsys. Detta på en PC med Pentium 60 MHz processor och 8 Mb internminne. För Orsys krävs matematikprocessor.

3 Resultat

3.1 Utbytes- och prisberäkningen

Prisberäkningen grundar sig på virkespriser i högkonjunktur vilket får till följd att differensen mellan massavedspriset och timmerpriset är hög. Vid det kalkylmässiga toppformtalet vid 46 dm längd erhålls en differens mellan timmerpris (kvinta) och massavedspris motsvarande 45 till 110 kr / m³fub för tall och 40 till 75 kr / m³fub för gran. Detta medförde stor intäktsskillnad vid aptering med olika timmergränser. Intäktsbortfallet vid aptering med en högre timmergräns än lägsta tillåtna är uttryckt som apteringsförlust, kr / m³fub. Apteringsförlusterna för de studerade arbetsområdena med använd prislista redovisas i Figur 3.1.



Figur 3.1. Skattade totala apteringsförluster per trakt i kr/m³fub för slutavverkningstrakter ur egen skog och trädköp för respektive AO. Antalet ingående trakter är 93 för Hötting och 123 för Ström. Felstaplarna redovisar standardavvikelse för medelvärde.

Ovanstående värden avser endast kvalitet kvinta. De höga intäktsbortfallen vid förändrad timmergräns medförde att alternativkostnaden, t ex objektbyte, kunde vara jämförelsevis högt och ändå löna sig.

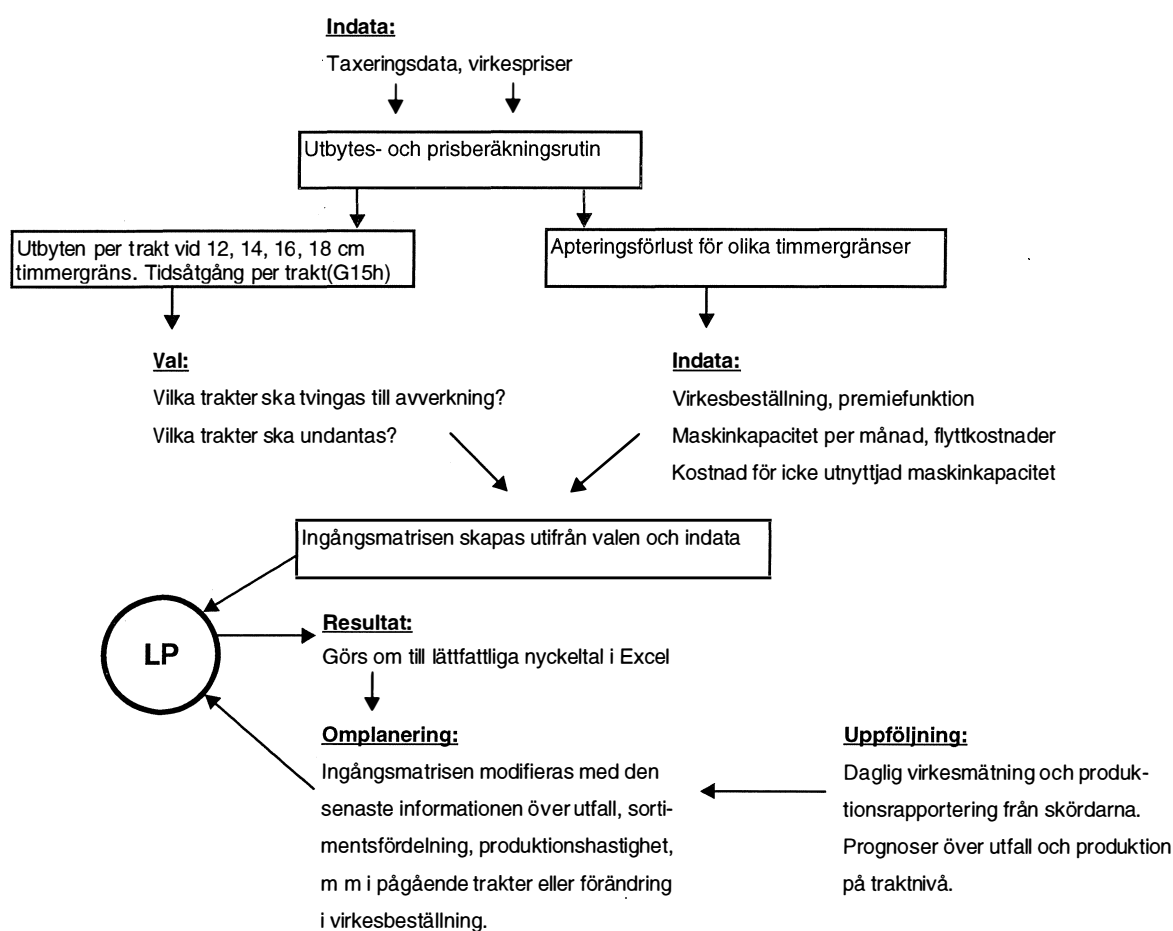
3.2 Beslutsstödet

Det konstruerade beslutsstödet (se Figur 3.2) för drivningsplaneringen är avsedd att ge förslag på optimala traktval och apteringsinstruktion för att möta aktuell virkesbeställning på AO-nivå. Den är tänkt att köras exempelvis en gång i veckan för att ge underlag för eventuella omplaneringar / justeringar i pågående verksamhet eller planer för nästkommande månad. Beslutsstödet består av nedanstående tre huvudkomponenter:

- utbytes- och prisberäkningsrutin
 - linjärprogrammeringsmodell
- Excel
Orsys

- planerings- och uppföljningsrutin Excel.

Initialt sker utbytes- och prisberäkning en gång med alla trakter som finns i drivningsliggaren. Den är sedan underlag för LP-modellen så länge virkespriserna är oförändrade. Vid virkesprisförändringar körs utbytes- och prisberäkningen om för att få aktuella värden på virkesintäkt per trakt. Utbytes- och prisberäkningsrutinen beräknar utbyten och virkesintäkt för aptering med 12, 14, 16 respektive 18 cm timmergräns per trakt. Samtidigt beräknas tidsåtgången för skördararbetet uttryckt i G_{15h} per trakt. Som ingångsvärden används linjära prestationsfunktioner samt medelvärden för TU-grad och prestationskorrektion.



Figur 3.2. Översiktlig bild på beslutsstödet med dess ingående komponenter.

LP-modellen används för att få ett traktval och lämplig aptering för de enskilda trakterna som minimerar kostnaden för:

- åtgärder för att möta virkesbeställningen; d v s flytt, apteringsjustering
- premieförlust om virkesbeställningen inte uppfylls till fullo.

Planerings- och uppföljningsrutinen används dels för att ge förslag till månadsplaner, dels för beslutsfattande för stunden och revideringar av tidigare lagda planer. Resultatet från en omplanering kan visa vilka åtgärd som dels är möjlig att göra och vad åtgärderna kostar, dels vad som är gränssättande för att nå aktuell virkesbeställning.

Däremot ges inga förslag angående de enskilda trakternas ordningsföljd eller vilken maskin som ska allokeras till respektive trakt i månadsurvalet. Det är således upp till planeraren att schemalägga maskiner och trakter under månaden.

3.2.1 Styrningsmöjligheter i beslutsstödet

I beslutsstödet kan traktval, kapacitetsutnyttjande, virkesflöde styras på ett flertal sätt. Beslutsstödet kan användas alltifrån manuell planering till helt datorbaserad planering. Med manuell planering menas att användaren styr traktvalen genom databasurval. Vid manuell planering är beslutsstödet konsekvensberäkande och ger indikation om kostnader samt de gränssättande faktorerna för föreslagna åtgärder. Vid helt datorstyrd planering körs beslutsstödet förutsättningslöst med alla trakter.

Beslutsstödet medger styrning i form av:

- vilka trakter som ska undantas från avverkning, t ex vårposter
- vilka trakter som ska avverkas under perioden, t ex trädköp under vinterperioden
- kostnader för icke utnyttjad maskinkapacitet, d v s stilleståndskostnad
- leveranspremiens storlek, och form
- flyttkostnad
- förändringar i virkesbeställning
- test av maximalt möjligt uttag med aktuell skördarkapacitet.

Användaren väljer vilken nivå av datorstödd planering samt vilka styrningar som ska vara gällande för stunden. Ett flertal alternativ kan tas fram varur det bästa väljs med hänsyn till användarens lokalkännedom. Detta förutsätter dock en viss datamognad och förståelse för processer i ekonomisk optimering.

3.2.2 Resultat av optimering och tolkning av dem

Resultatet av en optimering presenteras i form av vilka trakter och hur stor andel som ska avverkas i perioden. Vidare presenteras även vilken timmergräns som är aktuell i respektive trakt samt diverse nyckeltal för periodens avverkning. I Figur 3.3 redovisas ett exempel på resultat från en optimering. Tabeller och figurer redovisar värden för Ströms AO och januari 1995 om inte annat anges.

Figuren är uppdelad i kostnad, kapacitetsutnyttjande, virkesflöde och avverkning. Kostnaderna redovisas som total kostnad respektive kostnad per m³fub för perioden och innefattar flyttkostnad, apteringsförluster, premieförluster och kostnad för icke utnyttjad maskinkapacitet. Kapacitetsutnyttjande redovisar hur många G_{15h} som är tillgängliga samt hur många som används i planen. Virkesflöde redovisar virkesbeställning, planerat, differens samt skuggpris per sortiment. Avverkning redovisar avverkningsförslag med traktnummer, timmergränsdiameter, total avverkningstid, utnyttjad tid samt kvarvarande tid per trakt. I resultatet (Figur 3.3) är maximalt antal timmar per trakt satt till 200 timmar/månad. De trakter som har utnyttjat 200 timmar avverkas under hela perioden utan flytt. De trakter som har kvarvarande tidsåtgång motsvarande noll (0) timmar avverkas således färdigt under perioden.

Skuggpriserna anger hur funktionsvärdet, i det här fallet totalkostnaden, skulle förändras om resursen ökade med en enhet. Skuggpriset uttrycker således det

marginella resursvärdet. I Figur 3.3 finner man att resursen kapacitetsutnyttjande (G_{15h}/trakt) har ett skuggpris motsvarande 219 kr/ G_{15h} eller 16,5 kr/ $m^3\text{fub}$. Följaktligen skulle en ökning av utnyttjade timmar med en timme innebära att totalkostnaden skulle öka med 219 kr. Av figuren kan utläsas att virkesbeställningen (plan) för lövmassaved är den mest begränsande för hela lösningen. Om virkesbeställningen (utfall) för lövmassaved skulle öka med ytterligare en $m^3\text{fub}$ skulle det sänka kostnaden med nästan 92 kr eftersom skuggpriset är -91,7 kr/ $m^3\text{fub}$. Orsaken till att modellen inte planerar mer lövmassaved till avverkning beror på att den föreslagna volymen (330 $m^3\text{fub}$) ligger precis på premieintervallets yttergräns. Marginalkostnaden för att ta premieförlust är 150 kr/ $m^3\text{fub}$ vilket är högre än de 92 kr man "tjänar" på att avverka mer lövmassaved än vad premieintervallet tillåter.

Slutsatserna blir således att:

1. om det inte skulle kosta att stå med maskinerna (stilleståndskostnad) skulle den totala kostnaden sjunka och resultera i ett annorlunda traktval
2. genom att öka virkesbeställningen för lövmassaved skulle totalkostnaden minska och beroende på storleken på ökningen skulle även traktvalen förändras. En stor förändring av lövmassavedsbeställningen skulle troligtvis förändra traktvalen.

Datum	1995-XX-XX	Id.nr.	14202
Tid	xx.xx.xx	Månad	1
Kostnad	Månad	1	
	Kr totalt	223 315	
	Kr/ $m^3\text{fub}$	12,03	
	Prod.hastighet($m^3\text{fub}/G_{15h}$)	13,3	
Kapacitetsutnyttjande	Månad	1	
	Max antal timmar	1400	
	Utnyttjade timmar	1399	
Månad	1	Skuggpris	219 kr/ G_{15h} 16,5 kr/ $m^3\text{fub}$
Virkesflöde			
($m^3\text{fub}$)	Talltim.	Grantim.	Barrmav. FFG Lövmav. Summa
Plan	2100	6000	6700 2700 300 17800
Utfall	2309	6600	6360 2970 330 18569
	Differens	10%	10% -5% 10% 10%
	Skuggpris	-6,39	-2,63 0 -3,18 -91,7
Avverkning	Avlägg nr	14 cm	16 cm 18 cm Tim.tot Utnyttjad Kvarvarande
	12053310	34%	586 200 386
	12063310	72%	278 200 78
	12069310	18%	184 33 151
	12090410	44%	454 200 254
	12220920	58%	162 93 69
	12251920	79%	236 186 50
	12294310	33%	368 120 248
	12432930	100%	191 191 0
	12631020	16%	173 28 145
	15680410	100%	148 148 0

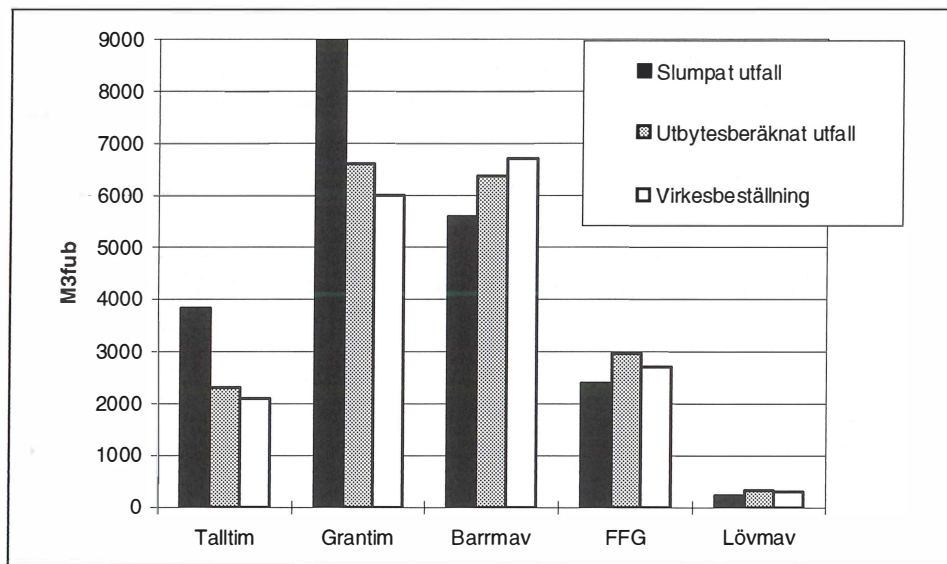
Figur 3.3 Resultatutskrift från optimering för januari 1995 avseende Ströms AO. Planeringsförutsättningar: flyttkostnad – 4 500 kr, kostnad för icke utnyttjad maskinkapacitet – 1150 kr/ G_{15h} , intervall inom vilket full leveranspremie utgår – 10 %, premiekurvans lutningskoefficient – 1,5. Skuggpriser avser kr/ $m^3\text{fub}$ om inte annat anges.

Förklaring av figuren och vad olika värden avser ges i bilaga 8.

3.3 Prognoser av skördarutfall

De simulerade utfallen har gjorts med bakgrund att testa hur optimeringsmodellen och prognoserna fungerar på kort sikt. Eftersom timmerutfallen har tenderat att bli större än plan i verkligheten och massavedsutfallen lägre¹⁶ har simuleringen gjorts med tanke på att efterlikna det. Figur 3.4 visar hur det simulerade (verkliga) utfallet blev jämfört med virkesbeställningen och planlagt utfall för januari. Procentuellt sett skiljer talltimmer mest (+82 %) jämfört med virkesbeställningen. För grantimmer är differensen +50 %, barrmassaved -17 %, FFG - 13 % samt lövmassaved -25 %.

Prognoserna över utfallen gjordes dag 10 d v s mitt i månaden. Prognoserna avsåg den troliga sortimentsfördelningen och volymen vid månadens slut och grundade sig på det simulerade utfallet fram till och med dag 10. I ett verkligt läge skulle skördarmätning via Mobitex vara underlaget för prognoser.



Figur 3.4 Simulerat utfall kontra virkesbeställning och planlagt utfall för Ströms AO i januari månad. Figuren visar hur utfallet skulle kunna vara vid månadens slut om inga åtgärder görs.

En sammanställning av de simulerade utfallen och virkesbeställning för de första 10 dagarna i januari visas i Tabell 3.1. Sammanställning ger en tydlig indikation om att sortimentsfördelningen inte stämmer överens med det planerade. De simulerade utfallen för de 10 första dagarna, vilket ska efterlikna skördarmätning, är underlag för prognos och omplanering.

¹⁶ Olofson, K. 1994. Pers. meddelande.

Tabell 3.1 Simulerat utfall respektive virkesbeställning för de 10 första dagarna i januari 1995. I detta fall har virkesbeställningen erhållits genom att dela månadens virkesbeställning med två.

	Talltimmer	Grantimmer	Barrmav	FFG	Lövmav	Totalt
Utfall	1 261	3 983	2 369	810	84	8 507
Beställning	1 000	2 857	3 190	1 286	143	8 476
Differens	261	1 126	-821	-476	-59	31
Procentuell diff	26 %	39 %	-26 %	-37 %	-41 %	0,4 %

I Tabell 3.2 redovisas en prognos över hur utfallet kommer att utveckla sig fram till månadslut, enligt den föreslagna prognosmodellen. Prognosen indikerar också att sortimentsfördelningen inte stämmer överens med den planerade men inte lika tydligt som Tabell 3.1 eller Figur 3.4. Det beror på att prognosen tar hänsyn till hur stor andel av trakten som är avverkad vid prognostillfället. Detta för att kompensera för osäkerheten i prognosen orsakad av att den grundar sig på små volymer jämfört med den totala volymen på trakten. Ju större andel av den totala volymen på trakten som ingår i prognosen desto större vikt får utfallsuppgifterna fram till prognostidpunkten.

Tabell 3.2 Prognos för hela januari månad baserad på de simulerade utfallen fram till dag 10.

	Talltimmer	Grantimmer	Barrmav	FFG	Lövmav	Totalt
Prognos	2 457	7 227	6 135	2 650	297	18 766
Beställning	2 100	6 000	6 700	2 700	300	17 800
Differens	357	1 227	-565	-50	-3	966
Procentuell diff	17 %	20,5 %	-8,4 %	-1,9 %	-1 %	5,4 %

3.3.1 Återföring av skördarutfall - omplanering

Vid omplanering justeras pågående trakter med prognoserna över sortimentsutfall. Från virkesbeställning subtraheras det verkliga utfallet fram till prognostillfället för att erhålla en saldobeställning för kvarvarande dagar i månad. Vid förändrad efterfrågan på ett eller flera sortiment justerar man virkesbeställningen på liknande sätt.

3.4 Resultat av körning med modellen

Körningarna grundar sig på planeringen för januari 1995 som redovisas i Figur 3.3. Därefter har 10 dagars avverkning simulerats med de förutsättningar som redovisas i Tabell 2.2. Dag 11 har en omplanering gjorts med modellen för att utröna effekterna av hur ett avvikande virkesflöde påverkar traktvalen.

Första omplaneringen är en förutsättningslös körning av linjärprogrammeringsmodellen. I den andra och tredje körningen har kapacitetsbegränsningarna varierats för utröna om det kan förändra planerna. Slutligen redovisas en körning med tvingade traktval d v s planeraren styr avverkningen till vissa trakter och resterande volymer fylls ut av optimeringsmodellen.

3.4.1 Omplanering med hjälp av prognoser

Av resultaten i Figur 3.5 framgår att endast tre trakter återstår från första planen för månaden. Fem trakter överges således "halvfärdiga" för att tas vid ett senare tillfälle. Resterande trakter från första planen var inte påbörjade dag 10 vilket inte föranleder någon flyttning.

Datum	1995-XX-XX	Id.nr.	14212
Tid	xx.xx.xx	Månad	1
Kostnad	Månad	1	
	Kr totalt	140 431	
	Kr/m3fub	15,74	
		Prod.hastighet(m3fub/G15h)	12,2
Kapacitetsutnyttjande	Månad	1	
	Max antal timmar	730	
	Utnyttjade timmar	731	
Månad	1	Skuggpris	-311,6 kr/G15h
			-25,5 kr/m3fub
Virkesflöde			
(m3fub)	Talltim.	Grantim.	Barrmav.
Plan	839	2017	4331
Utfall	924	2164	3897
	Differens	10%	7%
	Skuggpris	-16,2	0
Avverkning			
Kvar från föreg. plan	Avlägg nr	14 cm	16 cm
✓	12053310		21%
✓	12220920	37%	63%
	12280310	17%	
✓	12294310	28%	
	12313210	38%	
	12630020	53%	
	12632020	2%	
	15002510	49%	
	15691410	47%	
		18 cm	
		Tim.tot	Utnyttjad Kvarvarande
		492	104 388
		70	70 0
		621	104 517
		368	104 264
		272	104 168
		180	96 84
		237	6 231
		130	64 66
		166	79 87

Figur 3.5 Resultat efter omplanering dag 11 med samma förutsättningar som i grundplanen för månaden (Figur 3.3). Antal timmar totalt samt per trakt är halverat jämfört med föregående plan eftersom halva månaden återstår. ✓ indikerar kvarvarande traktval från grundplanen.

Orsakerna till de stora förändringarna beror på rådande kostnadsförhållande mellan flyttkostnad, apteringsförluster, premieförlust samt kostnad för icke utnyttjad maskinkapacitet.

Virkespriserna är i detta fall starkt styrande för vilka åtgärder som modellen föreslår eftersom det råder en relativt stor skillnad mellan massaveds- och timmerpriset. Därmed kommer kostnaden för att justera apteringen relativt omgående att överstiga kostnaden för traktbyte. Om exempelvis flyttkostnaden är 5 000 kr och apteringsförlusten från att gå från 12 cm till 14 cm är 8 kr/m³fub för trakten kommer *breakeven*-volymen att vara $5\,000/8 = 625$ m³fub. Således kommer LP-modellen att söka efter en trakt med en lämpligare sortimentsfördelning som har en volym överstigande 625 m³fub. Ovanstående förhållande har inneburit att modellen ofta föreslår traktbyte före apteringsjusteringar med använda priser och kostnader.

3.4.2 Omplanering med varierande kapacitetsutnyttjande

En förnyad körning men utan kostnad för icke utnyttjad maskinkapacitet får exakt samma lösning som Figur 3.5. Detta tyder på att maskinkapacitet är en begränsning i lösningen vilket också indikeras av skuggpriset för kapacitetsutnyttjande. För att utvärdera hur stor maskinkapacitet som krävs (G_{15h}) för att kapacitetsutnyttjandet inte ska vara den begränsande resursen gjordes en förnyad körning utan kostnad för icke utnyttjad maskinkapacitet. Denna gång med en övre gräns på kapacitetsutnyttjande motsvarande treskift vilket resulterade i en annorlunda plan som presenteras i Figur 3.6.

Av resultaten från körningen i Figur 3.6 ser man att ytterligare 42 G_{15h} krävs för att finna en lösning som inte är begränsad av maskinkapacitet. Ytterligare 42 G_{15h} innebär att en maskin av sju behöver köra konventionell tvåskift dvs $2 * 8$ timmar medan de övriga kör överlappande skift (12 timmar). Detta medförde att kostnaden sänktes med 17 200 kr för resterande 10 dagars period. Traktvalen skiljer också jämfört med Figur 3.5. Fyra traktval återstår från den ursprungliga månadsplanen och fyra trakter överges under pågående avverkning. Avverkningen skiljer sig också genom att något mer grantimmer tas ut (56 m³fub) samt att prestationen sänks från 12,2 till 11,6 m³fub/ G_{15h} .

Datum	1995-XX-XX	Id.nr.	14212				
Tid	xx.xx.xx	Månad	1				
Kostnad	Månad	1					
	Kr totalt	207 005					
	Kr/m3fub	22,67					
		Prod.hastighet(m3fub/G15h)	12,2				
Kapacitetsutnyttjande	Månad	1					
	Max antal timmar	751					
	Utnyttjade timmar	751					
Månad	1	skuggpris	-				
Virkesbeställning							
(m3fub)	Talltim.	Grantim.	Barmav.	FFG	Lövmav.	Summa	
Plan	839	2017	4331	1890	216	9293	
Utfall	908	2292	3978	1719	235	9132	
	Differens	8%	14%	-8%	-9%	9%	-2%
	Skuggpris	-	-	-	-	-	-
Avverkning							
	Avlägg nr	14 cm	16 cm	18 cm	Tim.tot	Utnyttjad	Kvarvarand
√	12053310		21%		492	104	388
	12071310	23%	50%		142	104	38
√	12220920			100%	70	70	0
⇒	12251920	64%			140	90	50
	12280310			17%	621	104	517
	12286310			28%	181	51	130
⇒	12432930	100%			95	95	0
	12436930	7%			470	31	439
	15002510	9%			130	12	118
	15006510			100%	38	38	0
⇒	15680410	100%			52	52	0

Figur 3.7 Resultat efter omplanering dag 11 med tvingande traktval. √ indikerar kvarvarande traktval och ⇒ tvingade trakter.

3.4.4 Månadens slutresultat

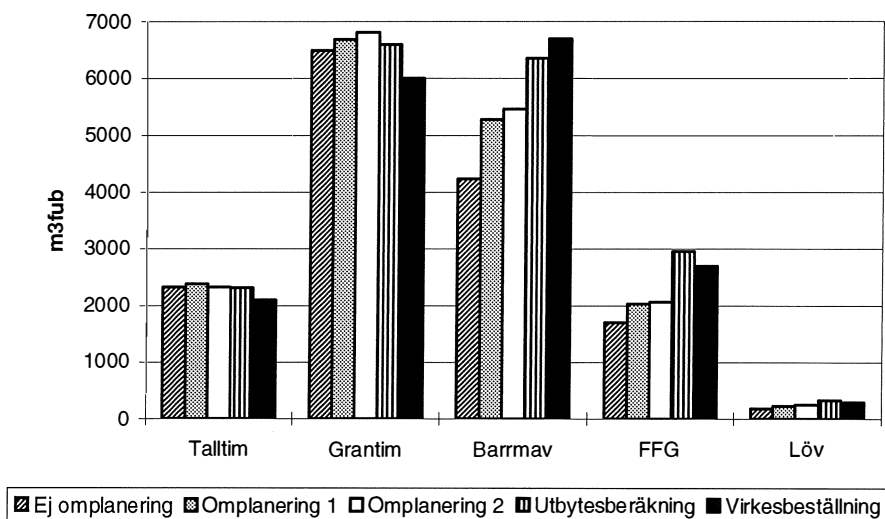
I Tabell 3.3 och i Figur 3.8 nedan redovisas månadens slutresultat avseende utfall för två omplaneringar. Omplan 1 är körningen som redovisas i Figur 3.5 (datorbaserad) och omplan 2 är körningen som redovisas i Figur 3.7 (tvingande traktval). Slutresultatet för månaden är baserad på simulering av utfallen på de planerade och omplanerade trakterna med samma väntevärden och systematiska avvikelser som använts tidigare.

Skillnaderna mellan omplanering med tvingande traktval och helt datorbaserad är mycket små. Resultatet tyder på att den systematiska avvikelsen har för stor påverkan för att de sortimentsvisa utfallet ska hamna inom det fastställda premieintervallet, i detta fall $\pm 10\%$. För omplanering 2 med tvingande traktval har dock totalvolymen för månaden hamnat inom det stipulerade leveransmålet. Vidare har omplanering med tvingande traktval erhållit något bättre resultat men det är marginellt.

Tabell 3.3 Månadens slutresultat avseende virkesutfall baserad på simulerat (verkligt) utfall fram till omplaneringstillfället dag 10 samt simulering av verkligt utfall för omplanering 1 och 2 (dag 11-21).

	Talltim	Grantim	Barrmav	FFG	Lövmav	Totalt
Virkesbeställning	2100	6000	6700	2700	300	17800
Utfall fram till dag 10	1261	3983	2369	810	84	8507
Omplan 1 (Figur 3.5)	1127	2698	2903	1221	151	6873
Summa månad	2388	6681	5272	2031	235	15380
Diff	288	681	-1428	-669	-65	-2420
Diff %	13,7%	11,3%	-21,3%	-24,8%	-21,8%	-13,6%
Omplan 2 (Figur 3.7)	1066	2825	3091	1260	171	8413
Summa månad	2327	6808	5460	2070	255	16920
Diff	227	808	-1240	-630	-45	-880
Diff %	10,8%	13,5%	-18,5%	-23,3%	-15,0%	-4,9%

I Figur 3.8 görs en jämförelse mellan utfallssimuleringar för olika planer. I detta fall ingen omplanering, omplanering 1, omplanering 2. Dessa planer jämförs mot vad utfallen skulle ha varit enligt utbytesberäkningen och virkesbeställningen. Omplanering med hjälp av prognoser har förbättrat måluppfyllelsen för massavedssortimenten men försämrat dem något för grantimmersortimentet. Detta tyder på att det är svårt att förändra sortimentsutfall på detta sätt om utbytesberäkningarna har systematiska fel.



Figur 3.8 Jämförelse mellan omplanering 1, 2 samt ej omplanering med utbytesberäkningen och virkesbeställningen för perioden.

En intressant notering är att vissa trakter väljs nästan alltid vid omplanering även om förutsättningar ändras mycket. Detta grundar sig på 14 körningar med varierande värden för flyttkostnad, premieintervall, lutningskoefficient för premiekurva samt stilleståndskostnad. Vid närmare studie av de trakterna finner man att den avgörande faktorn vid valet har varit sortimentsfördelningen och inte kostnaden, se Tabell 3.4. Alla tre trakter har en högre apteringsförlust än medeltalet som var 10,74 kr/m³fub.

Maxvärdet för Ströms AO var 15,25 kr/m³fub, minvärdet var 7,24 kr/m³fub. Orsakerna till detta förhållande beror på att trakterna innehåller stor andel barrmassaved eller FFG och efterfrågan på de sortimenten är hög. Utfallssimuleringen har också förstärkt efterfrågan på dessa sortiment.

Tabell 3.4 Trakter som ofta väljs vid omplanering efter 10 dagar för januari 1995

Mindiam	Avlägg	Totvolym	Talltim	Grantim	Barrmav	FFG	Löv	Förlust	Tidsåtgång
14	12053310	6465	1064	10	5328	0	63	-13,83	586
14	12220920	1634	237	250	1121	0	25	-14,09	162
14	12294310	4319	0	1710	369	2091	149	-11,88	368

4 Diskussion och slutsatser

Virkesflödesfrågor, vilket denna studie behandlar, är ett område som under de senaste åren hamnat i fokus både inom skogsbolagen och forskningsvärlden. Orsaken till detta beror främst på de vinster man kan göra med ett bättre och mer kundanpassat flöde av råvaror från skogen samt genom lägre logistikkostnader. Ämnesområdet karaktäriseras av en komplex planerings- och logistikfas, vilket lätt kan påverkas av yttre omständigheter såsom väderlek, maskinhaverier, brist på eller felaktig information över tillgängliga sortiment i skogen, m m. Diskussionen kommer inledningsvis att behandla virkesflödes- och planeringsfrågor av mera allmän karaktär för att längre fram behandla det konstruerade beslutsstödet.

4.1 Litteraturstudie

Hela planläggningskedjan handlar om att få grepp om skogens möjligheter. Exempelvis produkter som timmer, massaved, rekreation, vilt, m m. Om vi håller oss till virke så kommer den strategiska planeringen, beroende på målsättningen med verksamheten, att ge skogens möjligheter i form av värde och volymer. Inom svenskt skogsbruk har man nyligen gått över eller planerar i den närliggande framtiden att gå över till optimerande rutiner för strategisk planering (Indelningspaketet). Detta kan närmast ses som ett paradigmskifte inom skogsbruket eftersom man därmed går från konsekvensberäkningar till att ta större hänsyn till de ekonomiska aspekterna vid planeringen av skogens utnyttjande.

Den kortsiktiga operativa planeringen handlar mer om att uppfylla andra mål än de långsiktiga. Det kan röra sig om kortsiktiga industrimål, t ex att leverera extra mycket massaved till industrin på bekostnad av timmer eller oförutsedda händelser som påverkar den löpande verksamheten.

Den operativa planeringen inom svenskt skogsbruk innehåller få inslag av optimerande rutiner utan styrs mer av lokalkännedom och "schablonregler". Orsakerna till det beror troligtvis på planeringens komplexitet och omfång samt den korta tidshorisont det handlar om. Men även på att den strategiska planeringen har varit av konsekvensberäknande natur. Det är s a s inkonsekvent att räkna med schabloner vid den strategiska nivån samtidigt som man försöker optimera de lägre nivåerna. "Gårdagens" datorkapacitet och prioritering av FoU har säkerligen också medfört att satsningen på optimerande eller intelligenta drivningsplanläggningsrutiner har legat nere.

En av de viktigare funktionerna i planeringssystemen är länken mellan de högre planeringsnivåerna och den operativa. Med en koppling till de enskilda avdelningarna och dess beståndskaraktärer kommer den strategiska planen att på ett bättre sätt kunna överföras till operativ nivå. I detta sammanhang kan inte avdelningsregistrets stora betydelse för alla planeringsnivåer ringaktas. Har man ett dåligt avdelningsregister kommer det att ha påverkan på hela planeringskedjan fram till virkestyrningen.

Ett intressant iakttagelse är de olikheter planeringsmodeller, -rutiner och -filosofi uppvisar mellan olika skogsbolag. Det gäller i stort sett alla nivåer i

planeringshierarkin. Synsätten varierar också exempelvis mellan hur mycket "krut" man satsar på inventeringar för drivningsplanering. Inom SCA karaktäriseras synsättet av att man vill ha bra "grepp" om trakternas sortimentssammansättning för virkesstyrningen och satsar därmed på bl a taxeringsarbetet. Inom vissa andra bolag anser man däremot att kostnaderna och arbetskraftsbehovet för att få tillförlitliga värden på trakternas sortiments- och kvalitetssammansättning är för höga. Felen i de olika stegen för att få fram värden på volymer per sortiment blir för stora och svårdefinierade för en säker virkesstyrning. Å andra sidan uttrycker SCA möjligheterna att, genom förbättrade datainsamlingsrutiner och prognosinstrument samt genom att utnyttja den moderna informationstekniken, kunna nå en bättre virkesstyrning (Karlsson, 1993). Ytterligare orsaker till skillnaden i synsätt finns säkerligen i det faktum att SCA:s självförsörjningsgrad är högre än i många andra bolag.

4.2 Drivningsplanering

4.2.1 Virkesflöde

Drivningsplanering syftar till att välja drivningstrakter som på bästa möjliga sätt tillfredsställer en mängd krav av vilket ett är virkesflödet. De andra kraven är lämplig årstid, geografisk koncentration och maskinkapacitet. Virkesflödeskravet är dock överordnat, speciellt inom ett integrerat skogsindustriföretag som SCA med hög självförsörjningsgrad. Hur stort ett virkesflöde är eller vilken sortimentsammansättning det har beror på skogarnas utseende och de andra kraven. Man kan givetvis inte avverka mer än man har maskinresurser till, vilket kommer att påverka virkesflödet.

Generellt sett består ett virkesflöde fram till avlägg av två viktiga komponenter; volym per tidsenhet och sortimentsfördelning. I sortimentsfördelning inkluderas även virkets kvalitet. Utöver dessa komponenter tillkommer vidaretransport som en viktig del i virkesflödet. Virkesflödet fram till avlägg kan i grova drag påverkas av nedanstående faktorer:

1. volym per tidsenhet

- traktval
- huggningsform/fraktionering
- maskinval
- kapacitetsutnyttjande
- reservkapacitet

2. sortimentsfördelning

- traktval
- huggningsform/fraktionering
- timmergränser

Ovanstående faktorer kommer i varierande grad att påverka varandra. Ett maskinbyte kommer inte att påverka sortimentsfördelningen men däremot kan flödet per tidsenhet förändras. Fraktionering kommer däremot att påverka både sortimentssammansättning och flödet per tidsenhet. Sett över flera trakter kommer kapacitetsutnyttjande också att påverka sortimentsfördelningen.

För sortimentsfördelningen¹⁷ finns i stort sett bara ovanstående tre åtgärder för att möta exempelvis en förändrad efterfrågan på råvaror eller för att kompensera fel i utfallsprognoser. Av dem har förändring av timmergränser varit den mest använda eftersom den är enkel att tillämpa, ger snabbt resultat och påverkar inte flödet per tidsenhet. Omplanering av traktval innan de är påbörjade har också varit en flitigt använd metod. Eftersom utbyteskalkyler ofta är felaktiga och vetskapen om felets storlek är okänt kommer man i vissa fall välja trakter som är sämre ur sortimentsfördelningssynpunkt. En annan nackdel är att de trakter som är under avverkning och har en avvikande sortimentssammansättning kanske är stora vilket får till följd att de kommer att påverka virkesflödet under en lång tid.

¹⁷ Med sortiment avses timmer av gran och tall, FFG, barrmassaved samt lövmassaved om inte annat anges.

Att byta trakter innan de är färdiga är ett annat sätt att tackla problemet. Detta skulle kunna kompensera ett felaktigt virkesflöde mera omgående. Men liksom vid omplanering kommer man att byta till trakter med okända fel i utbyteskalkylerna vilket gör metoden osäker. Att denna metod inte har kommit till användning i större skala beror troligtvis på att man inte vill överge "halvfärdiga" objekt. "En trakt ska vara färdig innan den lämnas" är nog en vanlig uppfattning ute i praktiken. Detta resonemang kan dock vara förödande för virkesflödet i de fall trakten är exempelvis en vårpost och den avverkas färdigt efter förfallsperioden. Vårposter, som är bristvara, borde istället överges så fort vägnätet tillåter det för att sparas till nästa förfall.

Byte av huggningsform t ex övergå till fraktionering eller konserveringsgallring är ett sätt att påverka sortimentssammansättningen på slutavverkningstrakter. Vid en önskan att öka massavedsandelen kan man övergå till att avverka klendelen i trakten förutsatt att rätt maskintyp redan finns i området. Detta innebär att resterande träd avverkas vid ett annat tillfälle. Metoden liknar traktbyte vid pågående avverkning eftersom trakten lämnas "halvfärdig" och innebär minst en flytt till. En nackdel med metoden är att det kan innebära att man förskjuter problemen till framtiden genom att "samla" på sig grovskogsavverkningar eller klendelsavverkningar.

Ett annat sätt att förändra virkesflödet är att öka produktionen, d v s ändra skiftform eller sätta in mer maskiner, på en ur sortimentsfördelningssynpunkt bra trakt. Att avverka en trakt med flera maskinlag är definitivt emot traditionerna inom skogsbruket men kan vara ett effektivt sätt att förändra ett virkesflöde. Förutsättningen är att trakten är relativt stor. Administrativt kan det bli problematiskt om entreprenörer utnyttjas men behöver inte vara olösligt. Fördelar med det är att man koncentrerar sina maskinresurser och sänker eventuellt väghållningskostnaderna.

4.2.2 Felkällor

Drivningsplaneringen inom SCA är sofistikerad med omfattande inventering av drivningstrakter samt ADB-rutiner för planering och uppföljning. Inventeringen görs med systematisk provyteutläggning och omfattar mellan 10 och 40 provytor / trakt beroende på arelen och provytestorleken. Fortfarande kvarstår dock de grundläggande problemen – att man inte kan prognosticera sortimentsutfallen på ett säkert sätt.

Orsakerna till detta beror bl a på:

1. arealmätningsfel vid avfattningen av trakterna
2. utbytesfunktioner med systematisk (bias) och slumpmässig felskattning av timmervolymer
3. en stor mängd funktioner med varierande precision och noggrannhet mellan mätning av trädet i skogen och tills det är uppdelat på olika sortiment i DP-rutinen, d v s felen fortplantar sig
4. volymer, m m är uppskattningar av det sanna värdet d v s stokastiska variabler
5. avsaknaden av varudeklaration för de uppskattade värdena, d v s felen är okända.

Av felkällorna är arealfelet troligtvis det största och kan ha ett fel på upp till 30 %¹⁸. Arefel har dock inte en direkt påverkan på sortimentsfördelning för enskilda trakter eftersom arealen i det fallet endast påverkar totalvolym per sortiment och trakt. För ett

¹⁸ Larsson, M 1995. Pers. meddelande.

större antal trakter kommer dock arealfel att få en ökad betydelse för sortimentsfördelningen. De trakter som avviker mest arealmässigt får en större eller mindre tyngd med sin specifika sortimentsfördelning och kan därmed påverka utfallet för ett aggregat av trakter i icke önskvärd riktning.

Systematiska fel i utbytesfunktioner (Ollas) har konstaterats bl a av Larsson (1994), och av användarna inom skogsbolagen. Storleken på felet har dock inte undersökts men funktionerna underskattar timmerandelen lokalt vilket medför att timmerutfallet blir större än förväntat i verkligheten. Försök att kalibrera funktionerna har gjorts inom bl a SCA¹⁹ men utan någon märkbar förbättring. Eftersom det förekommer så många funktioner och beräkningssteg från en provytetaxering och till en färdig utbyteskalkyl samt slumpmässiga fel i alla led är det svårt att spåra eventuella systematiska fel och kalibrera dem. Vad är slumpmässigt och vad är systematiskt fel i skattningen?. Det är angeläget att minimera de systematiska felen med tanke på dess påverkan på skattningar och planeringsresultat.

Eftersom volymer, utbyten, arealer, m m är skattade storheter via ett stickprov (sampel) kommer de att avvika från det verkliga, d v s de är stokastiska variabler och har ett slumpmässigt fel. På enskild trakt har det förmodligen stor påverkan på felaktigheter i sortimentskalkyler. Men på grund av "de stora talens lag" kommer dessa fel att utjämnas med antalet observationer (trakter). Det enda som blir kvar efter att mycket stort antal observationer är en eventuell systematisk avvikelse som kan finnas i utbytesfunktionerna.

Avsaknaden av medelfelskattningar i DP-rutinen gör att användarna inte har vetskap om hur pass bra traktuppgifterna är. I dagsläget gör planeraren en enkel bedömning över hur stora felen kan vara och tar hänsyn till detta i planeringsarbetet. Genom att infoga enkla felskattningar i DP-rutinen kan planeringen underlättas eftersom man då får en uppfattning vad man kan förvänta sig för resultat på enskilda trakter / sortiment. Är det stor osäkerhet i skattningarna så är beslutsfattarna mentalt förberedda för det.

4.2.3 Flödesstyrning från virkesavdelningarna

Osäkerheten i traktuppgifterna får konsekvenser för hur man ska styra virkesflödet d v s på vilken nivå; förvaltnings- eller AO-nivå samt för hur långa tidshorisonter; en, tre eller sex månader. Det påverkar också hur hårt kraven på leveranssäkerhet kan ställas. Ju längre tidshorisont desto mindre blir variationerna i utfallet.

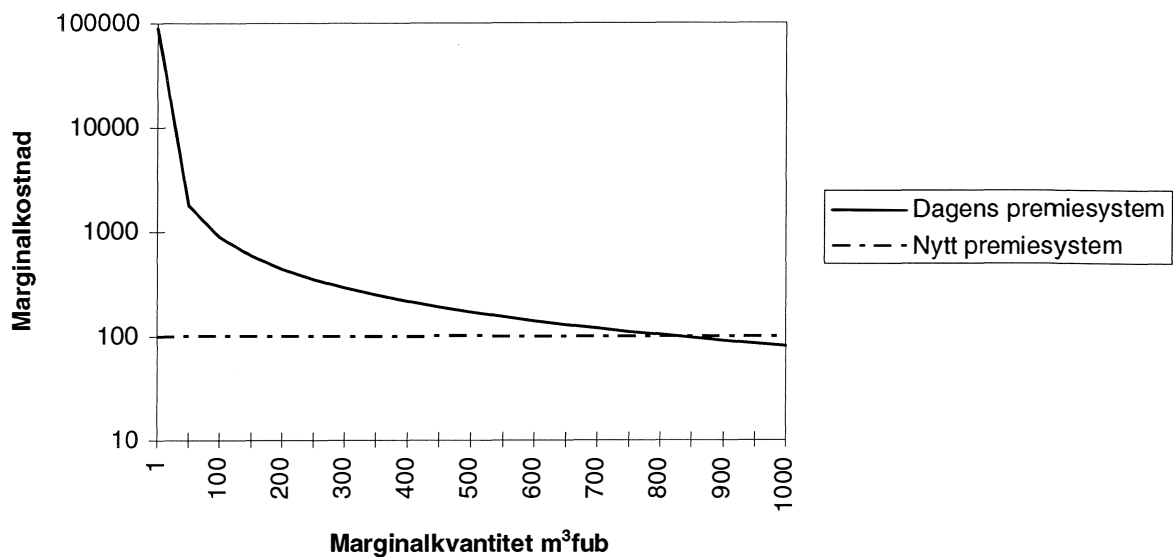
I dagsläget använder man sig av kvartalsbeställningen som mål för virkesleveranser där premie utgår om förvaltningen lyckats leverera inom $\pm 5\%$ från målet. Detta är troligtvis inte för hårt ställt för ett volymmässigt stort sortiment som exempelvis FFG eller grantimmer. Däremot kan det vara för hårt ställda krav för lövmassaved p g a högre medelfel i skattningarna. Men eftersom det rör sig om små kvantiteter blir påverkan på totalen låg. Att övergå till månadsbaserad leveranspremie är möjligt under förutsättning att premieintervallet ökas. Frågan är om virkesstyrningen blir bättre vid enbart månadsbaserad flödesstyrning med tanke på osäkerheten i utbyteskalkyler och utfall.

¹⁹ Larsson, B och Larsson, M. SCA Skog, 1994. Pers. meddelande.

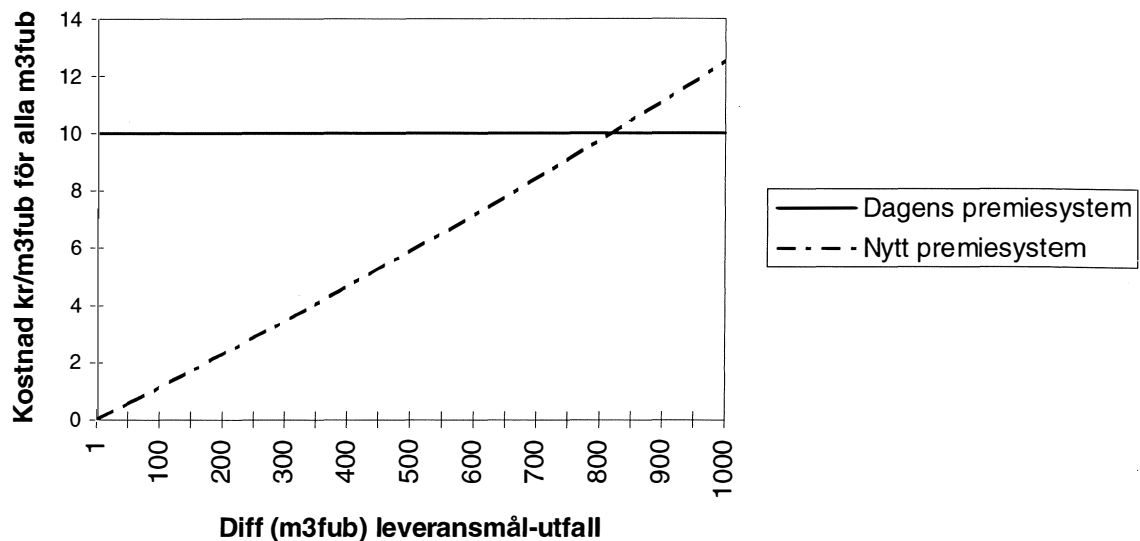
För att undvika de stora variationerna som har varit på månadsnivå skulle en kombination av kvartal- och månadspremie kunna utnyttjas, där månadspremien motsvarar t ex 10 kr/m³fub och kvartalspremien 20 kr/m³fub. Maximal premie blir då 30 kr per månad där tyngdpunkten ligger på kvartalspremien (20 kr). Klarar förvaltningen av leveransmålet för två månader samt kvartalsmålet men inte för den tredje månaden blir premien 30, 30, 20 kr/m³fub och månad. Klarar man inte av leveranskraven på månadsnivå men på kvartalsnivå blir premien 20, 20, 20 kr/m³fub och månad. Därmed skulle man styra in månadsleveranserna till mindre variation än vad som har varit fallet tidigare år samtidigt som det viktiga kvartalsmålet finns kvar.

Dagens premiesystemet är ett trubbigt instrument för leveransstyrning från Virke Syd. Premien utfaller endast vid de fall förvaltningen har levererat inom fastställt leveransmålsintervall. Detta medför att gränsen mellan att erhålla premie samt att förlora premien är extremt skarp och får "teoretiskt sett" stora konsekvenser för förvaltningens agerande. Den sista kubikmetern som gör att leveransmålet inte träffas har en enormt hög marginalkostnad, se Figur 4.1. Ett sätt att kompensera premieförlusten i dagens premiesystem är att öka leveranserna och därmed ta tillbaka den förlorade premien genom ökade virkesintäkter. Det sistnämnda är dock mindre bra med tanke på att det kan röra sig om sortiment som är svår att få avsättning för eller finns i överskott.

Ett sätt att öka flexibiliteten och handlingsalternativen för förvaltningarna gentemot virkesbeställningar är att använda sig av ett marginellt avtagande leveranspremiesystem liknande det konstruerade. Maximal premie enligt det systemet skulle vara 30 kr/m³fub d v s hela den premie som kan erhållas från Virke Syd. Premien blir högre ju närmare målet förvaltningen kommer vilket innebär att varje ansträngning att nå målet premieras även om den är liten. Med det skissade leveranspremiesystemet kommer marginalkostnaden att vara konstant (Figur 4.1). Detta innebär att de första "missade" kubikmetrarna är billiga jämfört med nuvarande system (Figur 4.2). En annan fördel är att förvaltningarna kan balansera premien mot kostnader för att uppfylla leveransmålet. Optimum erhålls när marginalkostnaden är lika med marginalintäkten.



Figur 4.1 Jämförelse mellan marginalkostnaden för avvikelser från leveransmål mellan dagens och det föreslagna premiesystemet. Figuren avser utfall som är mindre än beställd kvantitet. Förutsättningar: leveransmål 10 000 m³fub, tillåten variation från målet $\pm 10\%$. Observera att Y-axeln är i logaritmisk skala.



Figur 4.2 Jämförelse av kostnad per m³fub mellan dagens premiesystem och det föreslagna. Kostnaden avser kr/m³fub för samtliga m³fub (utfall) när utfallet är utanför tillåtet leveransmål som i detta fall är 10 000 m³fub $\pm 10\%$. Figuren redovisar volymer under den nedre gränsen.

Premiens storlek, premiekurvans lutning samt det tillåtna intervallet bör varieras över tiden och på så sätt anpassas till konjunkturer, marknadens behov och årstiden. Detta bör göras av virkesenheterna som på så sätt får ett flexibelt instrument för leveransstyrning gentemot förvaltningarna. Leveranspremien bör också spegla de kostnader som finns i virkeslogistiken när exempelvis ett virkesflöde inte stämmer med industrins och kundernas efterfrågan. Det kan vara extrakostnader för import, virkesbyte, transport eller något annat.

Vid högkonjunkturer kommer apteringsförlusterna att vara höga vilket innebär mer flytt och traktbyte. Under lågkonjunktur eller när prisdifferensen mellan massaved och timmer är låg kommer dock sortimentsöverföringar att vara det mest lönsamma sättet att styra leveranserna. Därmed kan premienivån och intervallet också sänkas under perioder av lågkonjunktur, d v s skärpning av kraven. Detta stämmer väl överens med hur virkesmarknaden reagerar på låg- och högkonjunkturer. Under lågkonjunktur är man kräsen och ställer höga krav på virket medan högkonjunktur innebär att det mesta går att sälja.

4.2.4 Industrikrav kontra skogens möjligheter

Med sänkta virkeslager och en övergång till lagring på rot har allt större krav ställts på planering och uppföljning av virkesflödet. Denna planering startar med att kartlägga skogens möjligheter vilket är en grannlaga och dyrbar uppgift speciellt om höga krav på tillförlitliga data ställs. Frågan är då om man har gjort en riktig totalekonomisk vägning på koncernnivå mellan virkeslogistik och högre råvarukvalitet kontra situation ute på förvaltningarna. Har man gått för långt i sin iver att sänka lagren?. Som en följd av de lägre lagernivåerna har förvaltningarnas kostnader för att uppfylla virkesefterfrågan troligtvis ökat. Det gäller kostnader för inventeringsarbete, extraordinära åtgärder för att styra virkesflöden samt intäktsminskningar p g a icke optimalt utnyttjad råvara. Även virkesavdelningarnas kostnader för att få tag i volymer som det råder brist på torde ha ökat. Har det kompensrats fullt ut av lägre lagerhållningskostnader och högre råvarukvalitet?. Ger det omfattande inventeringsarbetet ett resultat som är i paritet med kostnaden för det?

Frågeställningarna är många, svåra, men ändå relevanta.

En av följderna med de sänkta virkeslagernivåerna är att "problemen" förskjuts mot skogen och förvaltningarna, se Figur 4.3. Därmed kommer virkesförsörjningen att exponera sig mer för stokastiska fenomen som exempelvis väderlek, skattningar av volymer och sortimentsandelar. Entreprenörsaktioner och strejker kan också få snabba följder för försörjningsläget vid industrin. Det är samtidigt sannolikt att beräkningar av sortimentsvisa utfall över en lång framtid kommer att dras med en stor osäkerhetsfaktor. Resultaten och min allmänna uppfattning säger att det är svårt att i alla lägen anpassa utfallet från skogen efter industrins krav eller att jaga det perfekta virkesflödet. Man kan givetvis komma ytterligare en bit på vägen genom förbättrade inventerings- och mätmetoder men frågan är om vinsten av den förbättrade datakvaliteten överstiger kostnaderna. Det är kanske inte så självklart att man ska överarbeta datainsamlingen vilket studier av bl a Ståhl (1994) har påvisat.

Som Figur 4.3 visar består varje del i kedjan mellan skogen och konsumenten av ett lager. Det kan vara stående skog, avverkningskapacitet, avlägg, transportkapacitet samt råvaru- respektive färdigvarulager. Alla dessa lager fungerar som gummiband vid en varierande efterfrågan. Det är det kortaste av dessa gummiband som riskerar att brista vid extrema efterfrågeökningar.



Figur 4.3 Kedjan skog - konsument i ett förenklat schema med några av komponenternas egenskaper och funktioner.

För att en lagersnål kedja ska fungera bra måste kommunikationen mellan alla led vara snabb och relevant. Information från industrierna måste snabbt ut till råvaruproducenterna d v s förvaltningarna och deras avverkningslag så att eventuella åtgärder kan sättas in. Det är också viktigt att kommunikation inte är enkelriktad utan att en dialog förs.

För förvaltningarna är det av stor vikt att informationen om bilvägslager och tillverkning är dagsaktuell och säker för att omdirigering av resurser kan ske. D v s man måste veta relativt exakt från vilket läge man utgår ifrån. Det ställer också höga krav på informationen om trakternas sammansättning för att exempelvis omdirigering av avverkningsresurser ska kunna ge någon effekt. D v s man måste veta till vilket läge man går till och dess konsekvenser för virkesflödet.

En av stötestenarna i resonemanget kring virkesflödena under senare tid har varit lagerstorleken vid industrin och dess kostnad. Normalt är det relativt enkelt att räkna ut vad ett lager kostar räntemässigt och i försämrad kvalitet p g a lång lagringstid. Ovanstående är ett enkelt sätt att angripa lagerproblematiken men då har man inte tagit hänsyn till alla andra lager i kedjan. Om man skulle ta ett helhetsgrepp om kedjan skog - konsument ur lagersynpunkt skulle man troligtvis få andra lösningar än dagens. En sådan kalkyl är dock inte gjord i en handvändning speciellt om man tar hänsyn till risk. Exempelvis kostnaderna för risken att industrin står utan råvara vid olika nivåer på lagren.

Optimum inträffar när den marginella intäkten vid industrin är lika hög som den marginella kostnaden för ytterligare anskaffning av råvara (Lohmander, 1995).

4.2.5 Leveransvirket

Leveransvirket är en virkeskälla som koncernmässigt har ett fördelaktigt pris jämfört med andra källor förutom den egna skogen. Leveransvirkesköp är inte dock inte så omfattande inom Strömsunds SF. Här borde det finnas utrymme att ge leveransvirket en ökad betydelse för virkesförsörjningen. En av nackdelarna med leveransvirke är osäkerheten om när leverans sker och hur mycket som ska levereras. Detta har gjort att man sett leveransvirket som en buffert i virkesförsörjningen. Problemet kan dock lösas genom andra kontraktsformer än dagens med större tex högre krav på leveranssäkerhet. Vad beträffar volymer och sortimentsandelar kan det vara svårare att avtala om det.

4.3 Utbytes- och prisberäkning

4.3.1 Felkällor

Som ett led i att förbättra skattningarna i DP-rutinen har man infogat Söderbergs och Brandels funktioner. Problemet är att man inte kan separera provytorna vid beräkningarna vilket leder till felskattning av höjd och barktjocklek. Söderbergs funktioner för barktjocklek och höjd är baserade på provytevis data för att spegla den inomvariation som finns i bestånd. För att ge bra skattningar av höjd och barktjocklek krävs därför data för enskilda provytor vid beräkningar. Det är främst variabeln DMAX som påverkas vilket beskriver diametern på det grövsta trädet på provytan. Kvoten mellan klavträdet diameter och DMAX används som beroende variabel i funktionerna och har en relativt stor påverkan på främst höjden.

Ju större diameterspridning desto högre höjd och tunnare bark får träden vilket skulle medföra en överskattning av volymen för de klenare träden. I DP-rutinen används dock en kalibreringskvot mellan mätt höjd på provträd och höjd enligt Söderbergs funktion för lokal kalibrering. Om höjden enligt funktion är överskattad kommer kalibreringskvoten att bli större än normalt och man riskerar att underskatta den totala volymen. Hur stor denna felskattning är har inte studerats.

I extremfallet kan DMAX representera en eller ett par överståndare i beståndet och på så sätt ge samtliga klavträd en högre höjd och tunnare bark än normalt före kalibreringen. Efter kalibrering, som i ett dylikt extremfall kan innebära en kalibreringskvot motsvarande mer än 10 % av höjden, riskerar man att få en genomsnittligt lägre trädhöjd än vad som skulle erhållas vid provytebaserat förfarande. På grund att barken samtidigt har underskattats kommer diametern under bark att bli större. Detta kommer att ha en kompenserande effekt på volymberäkningen men har resulterat i att träden fått en sämre form.

4.3.2 Apteringsförluster för förvaltningen

De beräknade apteringsförlusterna är relativt okomplicerade i sin karaktär. De tar exempelvis inte hänsyn till trädens kvalitet vilket har betydelse för intäkterna. De bygger på diameterklassvis medeltoppdiameter, erhållen ur Ollas utbytesfunktioner, multiplicerat med prisfunktion. Detta förfarande är relativt grovt i jämförelse med vad en apteringsanalys i APTAN skulle ge. För att ge en översiktligt bild av vilka belopp det rör sig om har dock precisionen antagits vara godtagbar.

Orsaken till att prisberäkningen inte tar hänsyn till beståndens kvalitet var att uppgiften saknades i drivningsloggarna. Kvalitetsuppgifter var således inte insamlade vid inventeringsarbetet.

De resultat som har erhållits i studien pekar på generella "sortimentglidningsförluster" motsvarande ungefär 15 kr/m³fub vilket är högre än leveranspremien (10 kr/m³fub). Detta under förutsättning att 50 % av timmervolymerna apteras med 16 cm minimitoppdiameter och resterande med 14 cm. Om förvaltningarna agerade strikt som en resultatenheter skulle de inte ta en högre apteringsförlust än vad de får kompensation för. Att man ändå gjort det beror på leveranspremiens konstruktion, leveransavtal med egna och enskilda sågverk samt att förvaltningarna redan erhållit en fast premie.

4.4 Beslutsstödet

Beslutsstödet är tänkt att understödja beslut rörande planering och omplanering av drivning på AO-nivån. Syftet med beslutsstödet är att ge förslag på trakter som minimerar kostnader för åtgärder för att uppfylla leveransplanerna.

Att AO-nivån valdes som bas för beslutsstödet beror på att operativ planering och drift i dagsläget är förlagd på arbetsområdena. Detta kommer i konflikt med hur virkesflödesstyrningen är organiserad inom SCA, eftersom förvaltningens resultat ligger till grund för premier. Fördelen med att ha virkesstyrningen förlagd på förvaltningsnivån är att risken för suboptimering är mindre. De enskilda arbetsområdena kan därmed ha ett avvikande flöde gentemot plan medan det aggregerade utfallet hamnar inom målets ramar. Men mot en specifik kund kan man ändå få stora avvikelser i virkesflödet eftersom de ofta köper virke från ett AO i dess närhet.

Ovanstående innebär att en större avvikelse mellan plan och utfall måste tolereras på AO-nivån än vad som har varit fallet i studien. Genomgående har tio procents differens mellan virkesbeställning och planlagt utfall tillåtits i planerna. Denna leveransmålsdifferens behöver troligtvis ökas i ett verkligt fall.

Modellens enkelhet medger dock längre planeringshorisonter än två månader och flera arbetsområden än ett i taget. Det använda optimeringsprogrammet tillhör inte de kraftfullaste på marknaden men det skulle kunna klara av att köra optimeringsmodellen med 740 trakter, 10 sortiment och 10 apteringsalternativ över en planeringshorisont på två månader. Omvänt skulle man på AO-nivå kunna planera med 240 trakter, 10 sortiment, och 10 apteringsalternativ samt 6 månader.

4.4.1 Virkesflödet

Vid körningar med modellen hamnar planlagd kvantitet per sortiment ofta i ytterlägen av premieintervallet, d v s inom det procentuella intervall varvid full leveranspremie utgår. Orsakerna till detta fenomen beror på att modellen är kostnadsminimerande och att kostnaden är beroende på antalet m³fub som planeras. Därför hamnar resultatet ofta på den nedre gränsen av premieintervallet. En intäktsmaximerande modell skulle söka sig till den övre delen av premieintervallet eftersom de totala intäkterna därmed skulle öka.

Ovanstående egenheter är något som planeraren ibland bör kompensera genom att i modellen öka beställningen något. Det kan gälla ett sortiment som normalt får ett lägre utfall än planerat och samtidigt är ett bristsortiment. En sådan compensation kommer, beroende på hur stora volymer det rör sig om, att förändra traktvalen för perioden. Genom att experimentera med olika parametrar kan planeraren få en bra uppfattning om vilka trakter som är lämpliga att avverka samt vad som är gränssättande för arbetsområdet.

Att testa olika traktval manuellt genom databasurval är i jämförelse med modellen mycket tidsödande. Detta leder till att det sällan blir gjort. Ett AO har i normalfallet ca 200 trakter i objekt databasen (drivningsliggaren) vilket motsvarar ungefär tre årsavverkningar. Även när dessa är grovplanerade på olika årstider kommer antalet trakter och apteringsalternativ att vara omfattande. Om man även räknar

virkesintäkter och apteringsförluster vid ett antal apteringsalternativ blir kombinationsmöjligheterna många. I praktiken görs därmed en drivningsplan som ger ett lämpligt virkesflöde vilket revideras efterhand med hjälp av lokalkännedom och erfarenhet. Några ytterligare analyser eller beräkningar liknande det som optimeringsmodellen gör utförs normalt inte.

För drivningsplanering borde operationsanalysen därmed kunna underlätta beslutsfattandet avsevärt. Planer som erhålls ur modellen är dock inte invändningsfria eftersom den bara tar hänsyn till en del av alla omvärldsfaktorerna. Att konstruera optimeringsmodeller för drivningsplanering som tar hänsyn till allt är förmodligen en önskedröm. Verkligheten är helt enkelt för komplicerad för att kunna hanteras av dagens datorer, programvaror och modeller. Däremot skulle kombinationen – datorstödd traktval och sunt förnuft vara en bättre väg att gå eftersom man kombinerar de bästa egenskaperna hos maskinen och människan. Maskinen, i detta fall datorn, räknar på de stora kombinatoriska problemen och människan sätter begränsningarna, analyserar, kompletterar med övriga omvärldsfaktorer och fattar besluten.

4.4.2 Resursallokering

Vid de fall man låter modellen beräkna utan begränsning i antalet maskiner per trakt föreslår den ofta att flera maskiner allokeras till samma trakt. Orsakerna till detta är att dessa trakter passar in i aktuell virkesbeställning. Man löper också mindre risk att tvingas planera in trakter med avvikande sortimentsinnehåll för att fördela ut maskinerna.

Att koncentrera sina avverkningsresurser på de mest lämpliga trakterna ger eventuellt lägre totala kostnader. Plognings- och väghållningskostnaderna kan bli lägre eftersom den utnyttjade vägsträckan per dag blir mindre. Administrativt kan det emellertid bli problem om entreprenörer utnyttjas vid avverkningen eftersom betalningen grundar sig på prestation. Eftersom kalkylkostnaden mellan entreprenörer varierar samt att avverkningstrakten troligtvis måste delas och därmed riskerar att ha olika medelstammar, kan det bli svårt att fastställa ersättningen. Ytterligare en nackdel med metoden är eventuell trängsel vid avlägg och parkering av fordon och manskapsbodar.

Metoden är dock ett flexibelt sätt att arbeta med sina maskinresurser och eventuellt ett nytt sätt att tänka.

4.4.3 Systematiska fel och dess konsekvenser för beslutsstödet

Vid körningar med beslutsstödet har systematiskt fel i utbytesberäkningen simulerats. Detta för att utröna hur linjärprogrammeringsmodellen hanterar dessa fel. Resultaten har visat att systematiska fel i utbytesberäkningar får liksom i all planering negativa följder. Resultaten i studien bekräftar därmed "gamla sanningar" inom statistiken. D v s att man i möjligaste mån bör minimera de systematiska felen och skapa effektiva skattningar av volymer, e t c.

De systematiska avvikelser som simulerats i studien är relativt stora; +20 % för timmer, -30 % för massaved och -40 % för löv. I praktiken bör man inte kunna förvänta så stor systematisk avvikelse men däremot kan man på sortimentsnivå få ett slumpmässigt fel som är större. Därmed torde beslutsstödet ge stabilare planer än vad som har erhållits i studien. Fördelen med de slumpmässiga felen är att de jämnar ut sig med antalet avverkade trakter. Ju mer trakter som avverkas eller ju längre mätperiod desto större träffsannolikhet får det aggregerade utfallet mot virkesbeställningen.

Med den stora systematiska avvikelse som simulerats i studien tillsammans med månadsvis virkesbeställning och ett relativt hårt ställt leveranskrav, $\pm 10\%$, är det svårt att uppfylla leveransmålen. Även om man ser till förvaltningsnivån kan kraven vara för hårt ställda. Beslutsstödet tenderar därmed att ofta byta trakt vilket i modellen är den billigaste lösningen men som i praktiken kanske inte är att föredra i allt för stor omfattning. Risker för suboptimering är stora. Detta accentueras av omplanering med hjälp av prognoser som kan resultera i stora förändringar i planerna. Åtminstone torde personalen uppfatta flyttning som i värsta fall upprepas var tionde dag som besvärande eller onödig. I fall där beslutsstödet föreslår flyttning i för stor omfattning bör man gå in med praktiskt styrning. Flödet måste ses från en högre nivå t ex förvaltningen för att avgöra om åtgärder behöver sättas in. Det sunda förnuftet måste i sådana fall råda och andra vägar att justera flödet praktiseras. Vägar som kanske är kostsammare på AO-nivån och framför allt i modellen men som totalt sett ger lägre kostnad och bättre flöde.

Icke påbörjade men för perioden planerade trakter kan exempelvis planeras om för att kompensera för avvikande sortimentsutfall. Sådana planer kan med enkelhet tas fram med beslutsstödet genom att experimentera med virkesbeställningen. Det är i detta fall viktigt att man inte fastställer en plan för en period t ex en månad förrän precis innan den ska realiseras. Man har därmed största möjliga information om hur virkesflödet har utvecklats sig gentemot plan och kan därför fatta ett bättre beslut om vad som ska ske i den närmaste framtiden.

4.5 Uppföljning med hjälp av skördardata

De uppföljnings- och prognosmetoder som använts i studien gör inte på något sätt anspråk på att vara färdiga lösningar. Det finns med säkerhet mer statistiskt underbyggda modeller för prognoser men det är ett försök att belysa möjligheter och svårigheter förknippade med prognostisering av osäkra utfall.

För att få någorlunda vetskap om hur uppföljningen / prognostiseringen kommer att variera och bete sig vid olika beståndskaraktärer bör detta analyseras i empiriska undersökningar. Genom sådana studier kan slutsatser dras över hur en uppföljningsrutin bör vara beskaffad samt hur stora fel man kan förvänta sig. Den bör därmed kunna ge vägledning hur stora avvikelser som kan tolereras mellan utfall och utfallsberäkning innan åtgärder för att korrigera virkesflödet kan tas. Detta med hänsyn till förväntade fel i prognoserna. En av förutsättningarna är att man varudeklarerar uppmätta / skattade storheter d v s gör medelfelsberäkningar i drivningsplaneringsrutinen.

Fördelen med skördarmätning är att snabb och traktknuten information erhålls vilket gör det lättare för personalen och beräkningsmodeller att se var i tid och rum virkesflödet eller sortimentsfördelningen sviktar. Detta är en stor skillnad mot dagens situation där kollektivmätningen endast kan refereras till kollektivet totalt över en viss tidsperiod eller till vissa stickprov från någon trakt.

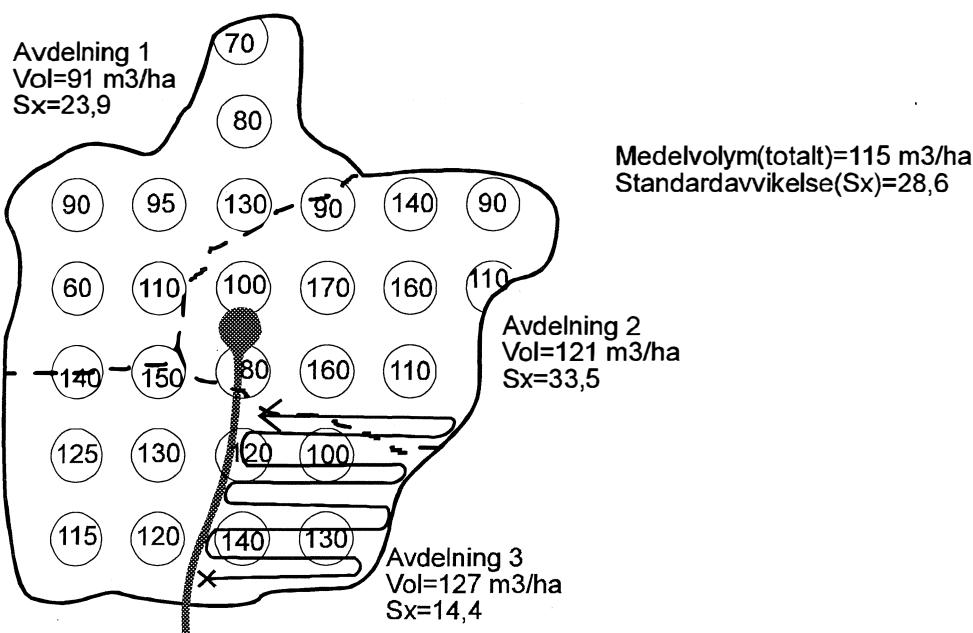
I dagsläget registreras skotade volymer genom okulär uppskattning. Denna skattning ger också en traktbunden information men är troligtvis något osäkrare och ger inte dagsaktuella produktionsuppgifter. D v s man erhåller inte uppgifter om avverkade men ännu ej utskotade volymer.

4.5.1 Felkällor vid prognoser

Tänkbara felkällor vid uppföljning och prognostisering av utfall med hjälp av skördardata kan vara:

- mättningsfel vid skördaraggregat
- arealfel
- volym-skattningsfel
- utbytesberäkningsfel
- prestationsprognosfel
- systematisk fel uppkommen p g a olyckligt vald avverkningsriktning m h t inomvariationen i trakten
- samt kombinationer av ovanstående.

Eftersom avverkningstrakter ofta är komponerad av en eller flera bestånd som i sin tur är avfattade med tanke på bl a homogenitet kommer volymerna att vara olika fördelade på dessa bestånd, se Figur 4.4. Detta tillsammans med inomvariationen i varje bestånd gör att avverkningsriktningen har viss betydelse för hur bra prognoser som kan erhållas i början av en trakt.



Figur 4.4. Exempel på hur inomvariation i en trakt bestående av tre avdelningar kan påverka utfallsprognoser baserade på skördarmätning av volymer per sortiment. Pilen anger en tänkt körning med skördare och ringarna anger provytorna med dess skattade volym.

Om man antar att trakten i Figur 4.4 är 44 hektar stor, innehåller 5 000 m³fub och beräknas ta 7 veckor att avverka. Detta ger en prestation på 14 m³fub/G_{15h} vid 10 G_{15h} per dag. Efter 1,5 vecka skulle skördaren ha hunnit avverka motsvarande areal som pilen visar. Om en prognos baserade sig på körningen i figuren(slingan) skulle den troligtvis överskatta verklig volym. Med hänsyn till den relativt låga spridning som utfallen skulle uppvisa skulle statistisk analys inte kunna prediktera det verkliga utfallet. Om däremot de enskilda provytornas läge respektive volymer vore kända skulle det göra prognosen säkrare.

För lägesregistrering skulle det räcka med att startpunkten och gångvägen är kända för en acceptabel noggrannhet under förutsättning att provyteutläggningen är systematisk,. Ett alternativ kan vara att provyteläget registreras med GPS. Med GPS-utrustning skulle arealbestämningen samtidigt förbättras vilket i sin tur skulle ge säkrare utfallsberäkningar och prognoser.

Ovanstående resonemang skulle också kunna appliceras på taxeringsarbetet. Genom att låta de ingående avdelningarna i trakten bilda stratum vid taxeringen kan skattningarna få högre precision och vara effektivare. Detta görs genom att väga volym-skattningarna i de enskilda avdelningarna mot dess areal och därefter summera avdelningarnas volym-skattningar till en total för trakten. Därmed kommer skattningen på ett bättre sätt kunna spegla traktens totala volym än om taxeringen inte tog hänsyn till variationen mellan olika avdelningar och dess inbördes vikt.

4.6 Metod och källkritik

Priserna för massaveden är som tidigare nämnts sockenberoende och har i denna modell fastställts till att på en nivå för hela Strömsunds SF. Detta är givetvis en förenkling men underlättar prisberäkningen avsevärt.

Flyttkostnaderna behandlas i modellen, av beräkningstekniska skäl, som andelar av traktens volym och är lika hög för alla trakter under aktuell månad. I verkligheten faller en flyttkostnad ut omedelbart som en ny trakt börjar avverkas. Modellen medger inte att behandla flyttkostnad som en diskret variabel som faller ut med hela beloppet om traktbyte blir aktuellt. Detta p g a att modellen använder linjär programmering. Det skulle gå att hantera flyttkostnad som diskret heltal genom att använda blandad heltals programmering(MIP). Denna optimeringsmetod är dock svårare att konstruera fungerande modeller för.

Ytterligare en komplikation som rör flyttkostnaderna är att de är varierande mellan olika trakter och olika årstider. Detta beror bl a på avstånden mellan de olika trakterna är varierande och att trailerkostnaderna är avståndsberoende. Vintertid tillkommer också plogningskostnader för vissa trakter. I modellen kan dock flyttkostnaden varieras mellan olika årstider och mellan trakter som är åtkomliga på redan upplagad väg. Detta förfarande kräver att användaren "manuellt" anger plogkostnad för icke upplagade vägar.

Modellen är deterministisk vilket indata inte är. Viss indata i modellen t ex priser är kända eftersom det rör sig om en kort tidshorisont, månad eller kortare. Men samtidigt är exempelvis volymerna per sortiment uppskattade värden med en okänd spridning vilket gör dem till stokastiska variabler. Tillgängliga maskintimmar per AO och månad är också stokastiska eftersom yttre omständigheter (väder, maskinhaveri) kan förändra TU-grad och prestation. Detta kompenseras av att modellen är tänkt att kontinuerligt köras om allt eftersom bättre prognoser över utfall tas fram.

Maskinkapacitetsbegränsningen i modellen är "grov" i hänseende att teknisk utnyttjande grad samt prestationskorrektur avser medelvärden för hela arbetsområden. Dessa torde gå att förfinas genom att använda det insamlade datamaterialet avseende terrängfaktorer m m. Eftersom maskinkapacitetsbegränsningen i LP-modellen är relativt grov och avser endast kollektivet av maskiner har detta inte gjorts. Det är dock fullt möjligt att öka precisionen i dessa faktorer. Vidare är prestationsfunktionerna omgjorda till linjära funktioner för linjärprogrammeringsmodellen.

Simulering av utfall för studien är enkelt upplagd vilket beror på att det inte är gjort några detaljerade simuleringar på skördaravverkning. Syftet med simuleringen är ej heller att på bästa sätt återge skördarens arbete i skogen utan att ge ett utfall som skiljer sig från det planerade utfallet.

5 Referenser

Skriftliga

Anon. 1994. *Nationalencyklopedin*. Bokförlaget Bra böcker.

Andersson, G. m fl. 1994. *Vägar till ett effektivare råvaruflöde*. Uppsala: SkogForsk. Redogörelse nr 3.

Arnoldsson, F. m fl. 1992. *Mobil telekommunikation inom skogsbruket*. Stockholm: Teldok. Rapport 74.

Berg, M., Larsson, H. 1994. *Ett planeringssystem för ekonomiskt optimala timmertransporter på SÖDRA*. SLU, institutionen för skogsekonomi. Arbetsrapport 190 b.

Bergström, K-G. 1980. *Höjdkurvmodell*. Stockholm: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Stencil 80-01-15.

Brandel, G. 1990. *Volymfunktioner för enskilda träd. Tall, gran och björk*. Garpenberg: SLU, institutionen för skogsproduktion. Rapport 26.

Bucht, S. 1972. *Rutin för månadsplanering av drivning*. Stockholm: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Meddelande nr 8.

Ericson, O., Westerling, S. 1981. *Skoglig planering - nuläge och tendenser*. Stockholm: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse nr 3.

Fredman, P, Lohmander, P. m fl. 1993. *Ekonomistyrning för skogliga problem 1993*. Umeå: SLU, institutionen för skogsekonomi. Arbetsrapport 160.

Holm, Sören. 1992. *Skogsinventering*. Umeå: SLU, institutionen för biometri och skogsindelning. Kompendium.

Jacobsson, J. Jonsson, B. Kallur, H. 1993. *The forest management planning package. Theory and application*. Studia Forestalia Suecica. Nr 189.

Karlsson, J. 1993. *Produktstyrd virkesförsörjning inom SCA*. Skogskonferensen.

Laestadius, L. 1992. *Virkesflöde och drivningsteknik*. Garpenberg: SLU, småskogsnytt nr 1.

Larsson, B. 1982. *Beskrivning av funktioner i SCA:s drivningsplanläggningsrutin*. Sundsvall: SCA Skog AB. Stencil.

Larsson, M. 1994. *Betydelsen av kvaliteten i skogliga avdelningsdata för skattningar av volymtillväxt och inoptimalförluster*. Umeå: SLU, institutionen för biometri och skogsindelning. Rapport 26.

Lohmander, P. 1995. *Optimization of decentralized adaptive truck decision rules:- A spatial dynamic stochastic forest company problem*. Föredragsunderlag för "the Natural Resource Management Cluster" arrangerad av Institute of Management Science and the Operations - Research Society of America, TIMS/ORSA, Los Angeles, USA. 23 - 26 april.

Lundström, A. Söderberg, U. 1995. *Outline of the HUGIN system for long-term forecast of timber yields and possible cut*. Föredragsunderlag för "State-of-the-art and perspectives in large-scale forestry analysis. Jouensuu, Finland. 15-16 juni.

Lönner, G. 1968. *Ett system för kortsiktig planläggning av drivning, lagring och vidaretransport av rundvirke*. Stockholm: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Meddelande nr 6.

Markland, R E. 1989. *Topics in management science*. Third edition. John Wiley & sons, Inc.

Näslund, M. 1947. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i södra Sverige samt i hela landet. Statens skogsforskningsinstitut. Band 36.

Ollas, R. 1980. *Nya utbytesfunktioner för träd och bestånd*. Stockholm: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Ekonomi nr 5.

Rönnbäck, H. 1995. *Analys av ideal virkeslagernivå för SCA inom område Virke Nord*. Umeå: SLU, institutionen för virkeslära. Examensarbete i virkeslära nr 40.

SCA Skog AB, 1992. *Drivningsplanering användarhandbok*.

SCA Skog AB, 1993. *Prognosunderlag för skördare*.

Sondell, J. 1994. *Bra virkesdata nyckeln till ändamålsanpassad råvara*. Uppsala: SkogForsk. Redogörelse nr 3.

Ståhl, G. 1994. *Optimizing the utility of forest inventory activities*. Umeå: SLU, institutionen för biometri och skogsindelning. Rapport 27.

Ståhl, m fl. 1993. *Planering av skogsbruk - "Den röda tråden" till grundkurs(UI4) i skogsindelning*. Umeå: institutionen för biometri och skogsindelning. Kompendium.

Söderberg, U, 1992. *Funktioner för skogsindelning, höjd, formhöjd och barktjocklek för enskilda träd*. Umeå: SLU, institutionen för skogstaxering. Rapport 52.

Thuresson, T. 1995. Tactical forestry planning, common sense assisted by computers, and models linked to the strategic plan. Umeå: SLU, institutionen för biometri och skogsindelning. Rapport 31.

Wagner, H M. 1975. Principles of operations research with applications to managerial decisions. Second edition. Prentice-Hall inc.

Weintraub, A. et al. 1991. *Managing operations in pine forest industries*. Symposium on systems analysis in forest resources, Charleston, S.C., March 3-6.

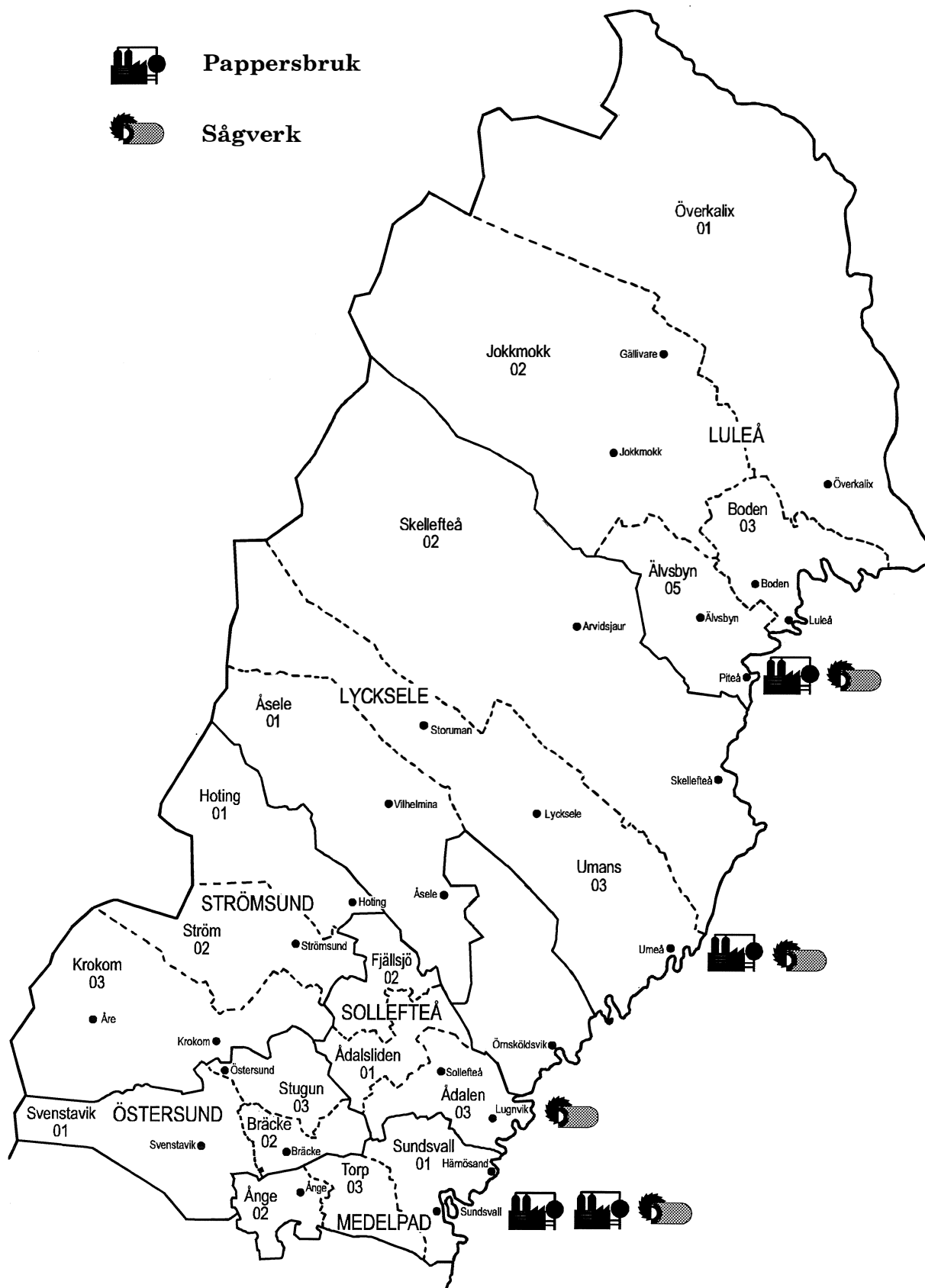
Wigren, C. 1994. *Välstyrt virkesflöde - en del av virkesvärdet*. Sveriges skogsvårdsförbund, Skog & forskning, nr 3.

Muntliga referenser:

- Ahlander, S. 1995. Cap Programator
- Book, A. 1994. Strömsunds SF. SCA Skog.
- Björ, S. 1994. Stora Skog.
- Eriksson, B. 1994. Strömsunds SF. SCA Skog.
- Holm, S. 1995. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Höijer, T. 1995. Tekniska avdelningen. SCA Skog.
- Ivarsson, A. 1994. Strömsunds SF. SCA Skog.
- Larsson, B. 1994. Administrativ utvecklingsavdelning SCA Skog.
- Larsson, M. 1994-95. Skogsvårdsavdelningen. SCA Skog.
- Lidén, P. 1994. SkogForsk.
- Lindroth, P. 1994-95. Strömsunds SF. SCA Skog.
- Lindroth, S. 1994-95. Strömsunds SF. SCA Skog.
- Lohmander, P. 1995. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Mårtensson, S. 1995. Strömsunds SF. SCA Skog.
- Olofson, K. 1994-95. Virke Syd. SCA Skog.
- Sundbom, L. 1994. Virke Syd. SCA Skog.
- Thuresson, T. 1994-95. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Östblom, B. 1994. Virke Syd. SCA Skog.

BILAGA 1

Karta över skogsförvaltningar, arbetsområden och industrier inom SCA



BILAGA 2

Förteckning över uttagna variabler i stamdata och traktdata från DP-rutinen

Allmänna traktdata

```
/* DATA SET B55098A1 AT LEVEL 002 AS OF 95/03/20 */
/* PARADOXREGISTER FRÅN DP TILL SKOGIS */
FÖRV          CHAR(3),          Förvaltningsidentitet
AO            CHAR(2),          Arbetsområdesidentitet
DENHID        CHAR(8),          Avläggsnummer + drivningsenhetnr (denh)
ANTTRÄT       PIC'9999999',     Antal träd tall
ANTTRÄG       PIC'9999999',     "      gran
ANTTRÄL       PIC'9999999',     "      löv
ANTTRÄS       PIC'9999999',     "      summa
FFG_ANDEL     PIC'9V.99',       FFG andel i procent
AREAL         PIC'9999V.9',     Areal i tiondels hektar
ÅLDER         PIC'999',         Ålder
BGRAD         PIC'999V.99',     Breddgrad
HÖH           PIC'999',         Höjd över havet
KUST          CHAR(1),         Kustnära 0=nej, 1=Ja
SI_T          PIC'999',         Ståndortsindex(SI) för tall
VIAPTS        CHAR(4),         Viapunkt sommar
VIAPTV        CHAR(4),         "      vinter
AVSTVIAS      PIC'999',         Avstånd till viapunkt sommar
AVSTVIAV      PIC'999',         "      vinter
```

Stamdata

```
/* DATA SET B55098B1 AT LEVEL 002 AS OF 95/03/20 */
/* PARADOXREGISTER FRÅN DP TILL SKOGIS */
FÖRV          CHAR(3),          Förvaltningsidentitet
AO            CHAR(2),          Arbetsområdesidentitet
DENHID        CHAR(8),          Avläggsnummer + drivningsenhetnr (denh)
ANTAL         PIC'999',         Antal provytor
RADIE         PIC'999V.99',     Provyteradie meter
TABT (20),    PIC'99999',       20 diamklasser tall, antal träd per diamklass
TABG (20),    PIC'99999',       Dito för gran
TABL (20),    PIC'99999',       Dito för löv
VOLF          CHAR(1),         Volymfunktion 1=Brandel, 2=Näslund
HÖJDKLT       PIC'99V.9',       Höjdklass, tall, för Näslunds volymfunktion
HÖJDKLG       PIC'99V.9',       "      gran
HÖJDKLL       PIC'99V.9',       "      löv
KALIBT        PIC'9V.99',       Kalibreringskvot, Söderbergs höjdfunk tall
KALIBG        PIC'9V.99',       "      gran
KALIBL        PIC'9V.99',       "      löv
DBHMAX        PIC'999',         Största diameter på provyta, Söderbergs funk
```

B550R01 kvantiteter per avlägg

SCA SKOG AB				DRIVNINGSLIGGARE										B550R01	
142 STRÖMSUNDS SKOGSFÖRV				KVANTITETER PER AVLÄGG											
02 STRÖMS AO				1995-02-22 KL. 09.42										1	
SORTIMENTSGRUPP: RUNDVIRKE															
AVL.	DENH	U	H	O/P	KVANT	TIMMER		KLENTIMMER	MASSAVED					TRÄDELAR	SE
		R	F	%	S:A	TALL	GRAN	TALL	GRAN	TALL	GRAN	FFG	LÖV	BARR	LÖV
12006	210	FRÄMMERÅN 3	1	3	100	3092	562	1248		238	969		75		
12029	210	MELLANHASSLINGEN	1	3	100	4057	1618	886		634	857		62		
12035	310	NORDATMYREN	1	3	0										
		ÅR 95 LAG 14			100	4619	781	738		656	332	1882	230		
12037	310	TORSVIKEN	1	3	0										
		ÅR 94 LAG 12			100	2651	1010	310		727	53	473	79		
12038	310	PRÄSVIKSV.	1	3	0										
		ÅR 94 LAG 12			34	866	277	164		186	22	200	17		
		ÅR 94 LAG 12			66	1682	538	318		360	43	388	34		
12039	310	PRÄSTVIKEN	1	3	0										
		ÅR 94 LAG 12			100	2716	181	1214		82	113	1013	113		
12042	310	Ö. SRAPAVATTNET	1	3	100	5447	1259	1162		735	210	1894	187		
12043	310	FRONTTLÄNNINGEN	1	3	100	983	294	60		450	139		40		
12044	310	ADA KILEN	1	3	0										
		ÅR 95 LAG 12			100	4610	771	1060		662	185	1663	269		
12045	310	TJÄRNAFJÄLLSJÖN	1	3	0										
		ÅR 95 LAG 14			100	3455		2187			248	991	29		
12046	310	KVARNBERGET	1	3	100	3677		2270			211	1196			
12047	310	BLANKVATTSVÄGEN	1	7	100	4796	2148	362		1610	676				
.		
.		
.		

B550R02 översikt avlägg

SCA SKOG AB				DRIVNINGSLIGGARE ÖVERSIKT AVLÄGG												B550R02			
142 STRÖMSUNDS SKOGSFÖRV 02 STRÖMS AO				1995-02-22 KL. 09.42												1			
SORTIMENTSGRUPP: RUNDVIRKE																			
AVL.		DENH	U H O/P	KVANT	M3F/	UTB	FRAK	O/S-%	FFG	SPEC-%	VÄGB	T	TILL-	DOM	EX	PREL	MÄRKN	NV	
			R F %	S:A	TRÄD	MET	MÖJL	T G	%	T G L S V	B	TRPAV	GYL	YL	DTYP	1	2	3	
12006	210	FRÄMMERÅN 3	1 3	100	3092	.33	3					C C	5	100	431	0	22		
12029	210	MELLANHASSLINGEN	1 3	100	4057	.30	3					3 3	2	150	222	00	21		
12035	310	NORDATMYREN	1 3	0		.11	3		85			03 03	3	350	321	00	21		
		ÅR 95 LAG 14		100	4619				85										
12037	310	TORSVIKEN	1 3	0		.16	1		90			03 03	2	300	222	43	21		
		ÅR 94 LAG 12		100	2651				90										
12038	310	PRÄSVIKSV.	1 3	0		.16	3		90			03 03	3	200	222	43	21		
		ÅR 94 LAG 12		34	866				90										
		ÅR 94 LAG 12		66	1682				90										
12039	310	PRÄSTVIKEN	1 3	0		.18	3		90			03 03	3	200	232	03	21		
		ÅR 94 LAG 12		100	2716				90										
12042	310	Ö.SRAPAVATTNET	1 3	100	5447	.14	3		90			03 03	3	300	321	03	21		
12043	310	FRONTLÄNNINGEN	1 3	100	983	.12	3					03 03	3	300	322	00	21		
12044	310	ADA KILEN	1 3	0		.11	3		90			03 03	3	200	222	33	21		
		ÅR 95 LAG 12		100	4610				90										
12045	310	TJÄRNAFJÄLLSJÖN	1 3	0		.30	3		80			03 03	3	250	322	03	21		
		ÅR 95 LAG 14		100	3455				80										
12046	310	KVARNBERGET	1 3	100	3677	.28	3		85			03 03	3	400	322	03	21		
12047	310	BLANKVATTSVÄGEN	1 7	100	4796	.20	3					03 03	2	300	222	03	21		
.	
.	
.	

BILAGA 4

Timmerpriser



1995-01-01 – tills vidare

PRISLISTA OCH LEVERANSBESTÄMMELSER INOM KRAMFORS, HÄRNÖSAND, SOLLEFTEÅ, TIMRÅ, SUNDSVALL, ÅNGE, RAGUNDA, BRÄCKE, BERGS KOMMUNER

Sågtimmer

Grundpris i kronor per m³to vid 46 dm längd.

Gäller fritt normalavlägg vid s k BK 1-våg som tillåter 10/16 tons axel/boggetryck.

	Toppdiameter i cm under bark													
Tall	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30+
Special	686	707	726	751	775	811	846	872	897	938	986	1021	1060	1060
Svarvtimmer										821	862	892	924	924
o/s	547	557	570	595	645	670	694	719	744	769	794	819	843	858
Friskkvist	440	460	488	508	508	498	487	481	474	474	474	474	343	343
v	377	387	397	411	425	440	454	464	474	484	499	514	523	533
Gran														
o/s	463	468	471	476	481	491	493	495	496	498	500	502	504	504
v	429	434	435	440	445	448	448	449	450	452	453	455	454	454

Utskottskvalité mottages ej.

Ovanstående m³to pris omräknat till kronor per m³f enl kalkylmässiga toppformtal vid 46 dm längd

	Toppdiameter i cm under bark													
Tall	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30+
Special	524	540	576	596	620	649	688	709	735	769	815	843	884	884
Svarvtimmer										673	712	737	770	770
o/s	418	425	453	473	516	536	564	585	610	630	656	676	703	715
Friskkvist	336	351	388	403	406	398	396	391	388	388	391	391	286	286
v	288	296	315	326	340	352	369	377	388	397	412	424	436	444
Gran														
o/s	359	362	374	378	388	396	401	403	406	408	410	411	413	413
v	298	301	320	324	330	332	342	343	349	350	357	358	366	366

Utskottskvalité mottages ej.

Priskorrigering vid längdavvikelse sker med kr/m³to per längdklass och toppdiameter enligt nedan. Prisgrundande volym beräknas enligt längden i 1 dm-moduler.

Längd-klass	Tall m ³ to	Gran m ³ to	
längd, dm	diam 12+	diam 12-16	diam 17+
34-36	-55	-45	-30
37-39	-40	-35	-22
40-42	-25	-25	-14
43-45	-13	-10	- 6
46-48	0	0	0
49-51	+13	+13	+ 6
52-54	+26	+26	+16
55	+35	+34	+23

Zontillägg på sågtimmer från:

Kramfors

Härnösand

Timrå

Sundsvall

4 kr per m³fub

Värdereduktion vid dubbskador:

Skadeklass	okt-maj	juni-sept
1-3	-	0- 3 %
4-6	1-3 %	2- 6 %
7-9	2-6 %	4-12 %

Vid leveranser på mindre än 50 stockar sågtimmer sker ett avdrag med 200 kronor.

BILAGA 6

Simplexmatrisen

Nedan ges en översiktlig bild över simplexmatrisen och några av dess ingående komponenter. Eftersom matrisen är mycket stor kan den inte redovisas i sin helhet.

Begränsningsvärde för resurser, för rad 1 avser värdet 1 att en trakt kan avverkas mellan 0 och 100 %

Apteringsförlust * volym för trakt 1, sort1, apteringsalternativ 1

Apteringsförlust * volym för trakt 2, sort1, apteringsalternativ 1

MIN			0	1	2	3	4	5	6	7	8	..	1683	1684	1685	1686	1687	1688	1689	1690	1691
	REL	RHS	X,1	X,2	X,3	X,4	X,5	X,6	X,7	X,8	..	X,1683	X,1684	X,1685	X,1686	X,1687	X,1688	X,1689	X,1690	X,1691	
0	COST		0	986	1262	1109	1839	342	455	156	730	..	15	15	15	15	15	15	15	15	100
1	Y,1	<=	1	1								..									
2	Y,2	<=	1						1			..									
3	Y,3	<=	1									..									
4	Y,4	<=	1									..									
5	Y,5	<=	1									..									
6	Y,6	<=	1									..									
7	Y,7	<=	1									..									
8	Y,8	<=	1									..									
9	Y,9	<=	1									..									
10	Y,10	<=	1									..									
.
.
.
1803	Y,1803	=	730	373					78			..									1
1804	Y,1804	<=	104	373								..									
1805	Y,1805	<=	104						78			..									
1806	Y,1806	<=	104									..									
1807	Y,1807	<=	104									..									
1808	Y,1808	<=	104									..									
1809	Y,1809	<=	104									..									
1810	Y,1810	<=	104									..									
1811	Y,1811	<=	104									..									
1812	Y,1812	<=	104									..									
1813	Y,1813	<=	104									..									
1814	Y,1814	<=	104									..									
1815	Y,1815	<=	104									..									
1816	Y,1816	<=	104									..									
1817	Y,1817	<=	104									..									
1818	Y,1818	<=	104									..									
1819	Y,1819	<=	104									..									
1820	Y,1820	<=	104									..									

Målfunktionsraden med resurskostnader

Begränsningar

BILAGA 7

Prisfunktionerna

Tall Kvinta

Funktionens medelavvikelse är 3,61 kr/m³to från inmatade värden

obs nr	toppdiam cm	pris kr/m ³ to	skattat pris	avvikelse kr
1	13,000	387,00	385,65	-1,35
2	15,000	411,00	415,01	4,01
3	17,000	440,00	439,07	-0,93
4	19,000	464,00	458,71	-5,29
5	21,000	474,00	474,84	0,84
6	23,000	484,00	488,35	4,35
7	25,000	499,00	500,13	1,13
8	27,000	514,00	511,08	-2,92
9	29,000	523,00	522,09	-0,91
10	31,000	533,00	534,06	1,06

Gran Kvinta

Funktionens medelavvikelse är 1,32 kr/m³to från inmatade värden

obs nr	toppdiam cm	pris kr/m ³ to	skattat pris	avvikelse kr
1	13,000	434,00	434,17	0,17
2	15,000	440,00	440,84	0,84
3	17,000	448,00	445,72	-2,28
4	19,000	449,00	449,12	0,12
5	21,000	450,00	451,32	1,32
6	23,000	452,00	452,60	0,60
7	25,000	453,00	453,27	0,27
8	27,000	455,00	453,61	-1,39
9	29,000	454,00	453,90	-0,10
10	31,000	454,00	454,44	0,44

Funktionens utseende är:

$$\text{Timmerpris (kr/m}^3\text{to)} = a + b * Td + c * Td^2 + d * Td^3,$$

där: Td = medeltoppdiameter under bark; a, b, c, d är koefficienter enligt nedanstående tabell,

	a	b	c	d
Tall	3,756806	45,746967	-1,501469	0,018632
Gran	327,473877	13,610274	-0,494057	0,006037

BILAGA 8

Förklaring av resultatfigurerna

Total och per m³fub kostnad för månad 1 (januari)

Datum	1995-XX-XX	Id.nr.	14202
Tid	xx.xx.xx	Månad	1

Kostnad	Månad	1
	Kr totalt	223 315
	Kr/m ³ fub	12,03

Kapacitetsutnyttjande	Prod.hastighet(m ³ fub/G15h)	13,3
	Månad	1
	Max antal timmar	1400
	Utnyttjade timmar	1399
	Skuggpris	219 kr/G15h
		16,5 kr/m ³ fub

Månad	1
--------------	---

Virkesflöde	Talltim.	Grantim.	Barrmav.	FFG	Lövmav.	Summa
(m ³ fub)						
Plan	2100	6000	6700	2700	300	17800
Utfall	2309	6600	6360	2970	330	18569
Differens	10%	10%	-5%	10%	10%	
Skuggpris	-6,39	-2,63	0	-3,18	-91,7	

Avverkning	Avlägg nr	14 cm	16 cm	18 cm	Tim.tot	Utnyttjad	Kvarvarande
	12053310	34%			586	200	386
	12063310	72%			278	200	78
	12069310	18%			184	33	151
	12090410	44%			454	200	254
	12220920	58%			162	93	69
	12251920	79%			236	186	50
	12294310	33%			368	120	248
	12432930	100%			191	191	0
	12631020	16%			173	28	145
	15680410	100%			148	148	0

Produktionshastighet, utfall / utnyttjade timmar för månaden.

Restriktion för maximalt tillgängliga timmar för månaden, utnyttjade timmar samt skuggpriser.

Plan är synonymt med virkesbeställningen för månaden.

Utfall är resultat efter optimering.

Kvarvarande timmar är differensen mellan Tim.tot och utnyttjade timmar. Om den är noll innebär det att trakten avverkas helt under månaden.

Procenttalen avser hur många procent av traktens totala kvarvarande tidsåtgång inför optimeringen som har utnyttjats i respektive apteringsalternativ timmar en månad. (14, 16, 18 cm).
I ovanstående exempel har aptering endast skett med 14 cm lägsta timmergräns.

Tim.tot uttrycker trakternas totala kvarvarande tidsåtgång inför optimeringen.

Utnyttjade timmar är Tim.tot multiplicerat med procenttalet som finns under apteringsalternativen. I denna körning motsvarar 200

Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation.

Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

- 1995 1 Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE.
- 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE.
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG--7--SE.